



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E  
MEIO AMBIENTE**

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO HORÁRIA EM PORTO VELHO – RO E  
SUAS TENDÊNCIAS ANUAIS E SAZONAIS**

**LUIZ ALVES DOS SANTOS NETO**

Porto Velho (RO)  
2014



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E  
MEIO AMBIENTE**

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO HORÁRIA EM PORTO VELHO – RO E  
SUAS TENDÊNCIAS ANUAIS E SAZONAIS**

**LUIZ ALVES DOS SANTOS NETO**

**Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi**

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Área de Concentração em Desenvolvimento Sustentável e Diagnóstico Ambiental para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Porto Velho (RO)  
2014

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Biblioteca Central Prof. Roberto Duarte Pires**

S237V

Santos Neto, Luiz Alves dos.

Variabilidade da Precipitação Horária em Porto Velho-RO e suas  
Tendências Anuais e Sazonais. / Luiz Alves dos Santos Neto. Porto  
Velho, 2014.  
71f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio  
Ambiente) – Fundação Universidade Federal de Rondônia. Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente  
(PGDRA), Porto Velho, 2014.

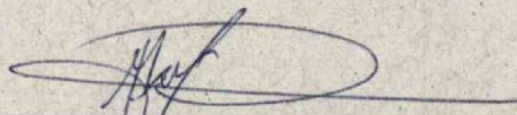
1. Precipitação Horária. 2. Variabilidade. 3. Tendência Climática. I.  
Fundação Universidade Federal de Rondônia. II. Título.

CDU: 504(811.1)

**Bibliotecária responsável: Eliane Gemaque – CRB-11/549**

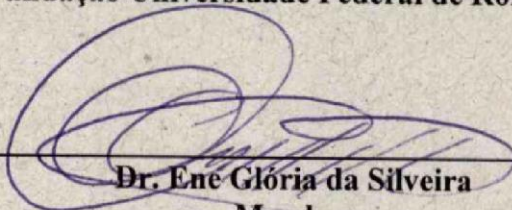
**“Variabilidade da Precipitação Horária em Porto Velho-RO  
e suas Tendências Anuais e Sazonais”.**

**Comissão Examinadora**



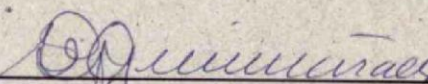
**Dr. Vanderlei Maniesi  
Orientador**

**Fundação Universidade Federal de Rondônia**



**Dr. Ene Glória da Silveira  
Membro**

**Fundação Universidade Federal de Rondônia**



**Drª Siane Cristhina Pedroso Guimarães  
Membro**

**Instituto Nacional de Meteorologia**

**Porto Velho, 10 de Março de 2014.**

**Resultado:** APROVADA

## **DEDICATÓRIA**

As pessoas que, para mim, estão ao lado de Deus (*in memoriam*), meu pai Luiz Júnior e meus avós Gleide, Luiz e Mario, que, mesmo em espírito, estiveram do meu lado nesta jornada, eu dedico.

A minha filha, Sarah Camille, a minha mãe, Socorro, as minhas irmãs, Thaís e Laís, e a minha amada, Beibi, pessoas que me incentivaram e apoiaram do início ao fim dessa dissertação, que nunca duvidaram da minha capacidade de alcançar este objetivo e que, acima de tudo, ofereceram todo o amor, compreensão e companheirismo que precisava, eu dedico.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a toda minha família pelo incentivo, pelos sacrifícios, por acreditar em mim e por estarem comigo nesta caminhada.

A Cristiana, pessoa que esteve ao meu lado na maior parte desse mestrado e na caminhada da vida, me apoiando, incentivando, se sacrificando, se doando intensamente, estando comigo nos momentos mais difíceis, me dando a atenção, o amor e a companhia necessária para que eu desse continuidade neste estudo.

Ao Prof. Dr. Vanderlei Maniesi pela orientação dispensada, pelo incentivo, pelo apoio dado a mim e pela confiança depositada no meu trabalho e na minha pessoa.

Ao meteorologista do SIPAM Marcelo Gama, que, além de fornecer os dados da SEDAM para a elaboração deste estudo, deu valiosas sugestões e discussões que aperfeiçoaram este trabalho, além do apoio nas atividades de rotina quando não podia comparecer, do incentivo e da amizade.

Aos amigos meteorologistas do INMET Edmundo Wallace e Alan Braga, pelo fornecimento dos dados e também pelo apoio, além do Kléber Ataíde, pela disponibilidade em participar da banca e que, mesmo não podendo participar, colaborou muito com sugestões a respeito do teor desta dissertação.

Ao SIPAM, por ter me dado a oportunidade de fazer este mestrado, principalmente aos amigos de trabalho da Divisão de Meteorologia (Janete, Prof. Carvalho, Letícia, Diego, Eloá e Élio) pela amizade, pelo incentivo e pela compreensão nos dias em que não pude comparecer na rotina.

Ao Thiago Rodrigues, da Divisão Ambiental do SIPAM, que sempre esteve disponível a ajudar nos momentos que precisei.

Aos amigos Joanita, Neto Monteiro, Rafael Carvalho, Roberto Leal, Franco e Hellen Patrícia, pessoas que estenderam a mão nos momentos mais difíceis da minha vida, além da amizade.

A todos os colegas de classe da turma de 2011 do PGDRA por todos os momentos juntos que nos fez amadurecer no decorrer desse mestrado, além do incentivo, principalmente nos momentos que pensei em desistir. São pessoas que se tornaram meus amigos e que levarei pro resto da vida comigo.

Aos professores que estiveram presentes na banca da qualificação e da defesa final, o MSc. Rafael Franca, o Dr. Ene Glória e a Dra. Siane Cristhina, pelas valiosas colaborações e correções feitas nesta dissertação.

A minha amada Beibi, que entrou na minha vida já na fase final desta dissertação e esteve do meu lado nos momentos críticos desse estudo, que nunca deixou de me apoiar, de me incentivar, de acreditar em mim, de compreender os momentos em que não pude dar atenção, de me ajudar nos momentos que precisei, pela companhia, pela paciência e, principalmente, por todo o amor e carinho que poderia receber de alguém, sendo ela a paz e a tranquilidade que eu precisava nos momentos mais críticos desta dissertação.

Por fim, agradecer a todas as demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração desta dissertação.

## RESUMO

A cidade de Porto Velho é a terceira maior capital da Região Norte atualmente graças aos ciclos de colonização na qual a cidade passou desde a sua fundação. Este inchaço populacional cíclico propiciou o crescimento e o desenvolvimento da capital de Rondônia, tornando-a uma das maiores cidades do sul da Amazônia. Porém, esta expansão urbana pode ter impactado diretamente no clima local. O objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade temporal, tanto anual quanto sazonal, das precipitações horárias com volume igual ou superior a 0,2 mm e a 10 mm em Porto Velho entre 1998 e 2013, além de identificar possíveis tendências na quantidade de eventos precipitantes observados ao longo do período estudado. Foram utilizados dados de precipitação horária de duas estações meteorológicas próximas, cerca de 200 metros uma da outra, instalados dentro do perímetro urbano de Porto Velho. A análise foi feita de forma anual e também sazonal, separado por estações do ano para a quantidade média de eventos precipitantes, frequência relativa horária, volume médio horário e duração média dos eventos de precipitação. Foi observada uma média anual de 339 eventos de precipitação com volume horário superior a 0,2 mm e 49 eventos intensos, sendo que a maioria deles ocorre durante o Verão. A frequência relativa anual de todos os eventos precipitantes apresentou maiores frequências nas primeiras horas da manhã e à tarde, enquanto que dos eventos intensos as maiores frequências se concentravam apenas à tarde. Na frequência relativa sazonal de todos os eventos, o período da tarde foi preferencial em quase todas as estações, com a exceção do Verão, onde as chuvas ocorrem preferencialmente no fim da madrugada. Na frequência relativa sazonal das precipitações intensas, todas as estações do ano apresentam maiores frequências à tarde. Com relação ao volume horário médio anual, os maiores volumes ocorrem a tarde, assim como também, na análise sazonal, no Outono, no Inverno e no Verão. Apenas na Primavera as chuvas mais volumosas ocorrem, em média, à noite. A duração média anual de todos os eventos precipitantes é de 1,8 horas e que 86% dos eventos de precipitação tem menos de 3 horas de duração e os eventos mais duradouros ocorrem no Verão. Entre a duração média das chuvas intensas, 80% do total de chuvas intensas que caem ao longo do ano têm até 1 hora de duração. O mesmo percentual foi encontrado na análise sazonal, com exceção do Verão que teve o menor valor, devido a frequência de ocorrência de eventos intensos com duração maior do que 2 horas consecutivas ser bem superior as demais épocas do ano. A tendência anual e sazonal do total de eventos de precipitação brandas e intensas ao longo do período estudado aponta um decréscimo. No entanto, não foi possível identificar se esta diminuição no total de eventos precipitantes está relacionada ao crescimento urbano de Porto Velho ou a oscilações naturais do clima, devido ao curto período de dados disponíveis.

Palavras-chave: Precipitação Horária; Urbanização; Variabilidade Anual; Variabilidade Sazonal; Tendência Climática.

## ABSTRACT

The city of Porto Velho is the third highest capital in the Northern Region currently thanks to the cycles of colonization in which the city has since its founding. This cyclical swelling population favored the growth and development of the capital of Rondônia, making it one of the largest cities in the Southern Amazon. However, this urban expansion may have impacted directly on the local climate. The objective of this paper is to study, both annually as seasonal, temporal variability of hourly rainfall with volumes equal to or greater than 0.2 mm and 10 mm in Porto Velho between 1998 and 2013, as well as identifying possible trends in the number of observed events precipitating over the study period. Data of hourly rainfall from two nearby weather stations, about 200 meters apart, installed within the city of Porto Velho. The analysis was also annual and seasonal basis, separated by the seasons to the average amount of precipitating events on hourly rate, average volume and average time duration of rainfall events. An annual average of 339 precipitation events with volume exceeding 0.2 mm and 49 intense events schedule was observed, with most of them occurring during the summer annual relative frequency of all the events precipitating the highest frequencies in the early hours of morning and evening, while intense events of the highest frequencies only focused afternoon. In seasonal relative frequency of all events, the afternoon was preferred in almost all seasons, except summer, where rains occur preferentially at the end of the morning. In seasonal relative frequency of intense rainfall, all seasons have higher frequencies afternoon. With regard to the volume average annual hours, the largest volumes occur in the afternoon, as well as in the seasonal analysis, in autumn, winter and summer. In spring only the most voluminous rainfall occurs on average at night. The annual average duration of all precipitating events is 1.8 hours and that 86% of the precipitation events has less than 3 hours long and most enduring events occur in the summer between the average duration of intense rainfall, 80% of total heavy rain falling throughout the year have up to 1 hour. The same percentage was found in seasonal analysis, with the exception of the summer had the lowest value, because the frequency of occurrence of intense events lasting longer than 2 consecutive hours to be much higher than other times of the year. The annual and seasonal trends of total precipitation events mild and intense throughout the study period indicates a decrease. However, it was not possible to identify whether this decrease in total precipitating events is related to urban growth Porto Velho or natural climate oscillations, due to the short period of available data.

Key-words: Hourly Precipitation; Urbanization; Annual Variability; Seasonal Variability; Climatic Trend.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anomalias normalizadas de chuva para o Norte (a) e para o Sul (b) da Amazônia desde 1929 a 1997.....	27
Figura 2 – Mapa de localização da sede da EMBRAPA e das PCD's dentro da sede da EMBRAPA assim como a distância entre as estações na cidade de Porto Velho-RO.....	29
Figura 3 – Normal climatológica de 1961 a 1990 da média mensal da precipitação em Porto Velho – RO.....	31
Figura 4 – Média sazonal de eventos de precipitação ocorridos entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	34
Figura 5 – Frequência relativa horária da precipitação ocorrida entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	34
Figura 6 – Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	35
Figura 7 – Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	36
Figura 8 – Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	36
Figura 9 – Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO.....	37
Figura 10 – Média horária anual do volume da precipitação (em mm) registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.....	38
Figura 11 – Média horária do volume da precipitação (em mm) do Outono registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.....	39
Figura 12 – Média horária do volume da precipitação (em mm) do Inverno registrada entre	

1998 e 2013 em Porto Velho – RO.....	40
Figura 13 – Média horária do volume da precipitação (em mm) da Primavera registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.....	41
Figura 14 – Média horária do volume da precipitação (em mm) do Verão registrada entre 1999 e 2013 em Porto Velho – RO.....	42
Figura 15 – Distribuição das classes de duração (menor ou igual a 3 horas, entre 4 e 6 horas e maior ou igual a 7 horas) dos eventos de chuva ocorridos entre 1998 e 2013 em Porto Velho– RO.....	43
Figura 16 – Média sazonal da quantidade de eventos de precipitação com duração menor ou igual a 3 horas, com duração entre 4 e 6 horas e com duração maior ou igual a 7 horas registrados entre 1998 e 2013 na cidade de Porto Velho – RO.....	43
Figura 17 – Média sazonal da quantidade de eventos de precipitação intensa registrados entre 1998 e 2013 na cidade de Porto Velho – RO.....	45
Figura 18 – Frequência relativa horária anual da precipitação intensa entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	46
Figura 19 – Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Outono entre 1998 E 2013 em Porto Velho-RO.....	47
Figura 20 – Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	48
Figura 21 – Frequência relativa horária da precipitação intensa durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	49
Figura 22 – Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO.....	50

Figura 23 – Distribuição dos eventos horários de precipitação maior do que 10 mm com duração de até 1 hora e de 2 horas ou mais para o Outono (vermelho), Inverno (azul), Primavera (lilás) e Verão (laranja) entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.....	51
Figura 24 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	52
Figura 25 – Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	53
Figura 26 – Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	54
Figura 27 – Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	55
Figura 28 – Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante O Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	55
Figura 29 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	56
Figura 30 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....	57
Figura 31 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a	

equação de regressão linear.....57

Figura 32 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....58

Figura 33 – Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.....59

## **LISTA DE TABELA**

Tabela 1 – População urbana registrada em Porto Velho pelo IBGE entre 1950 e 2010 e o acréscimo populacional entre as décadas em número de vezes.....18

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
1.1. O Processo de Urbanização de Porto Velho.....	17
1.2. A Precipitação em Rondônia.....	20
1.2.1. Convecção Diurna.....	21
1.2.2. Linha de Instabilidade (LI).....	22
1.2.3. Aglomerados Convectivos Associados a Sistemas Frontais do Sul e Sudeste do Brasil.....	23
1.2.4. Brisa Lacustre ou Fluvial.....	24
1.3. A Variabilidade Temporal da Precipitação em Rondônia.....	25
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
2.1. Materiais.....	28
2.2. Métodos.....	30
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>33</b>
3.1. Análise Horária de Todas as Precipitações.....	33
3.1.1. Média Sazonal dos Eventos de Precipitação.....	33
3.1.2. Frequência Relativa Anual e Sazonal.....	34
3.1.3. Volume Médio Anual e Sazonal.....	38
3.1.4. Duração Média Anual e Sazonal.....	42
3.2. Análise Horária das Precipitações Intensas.....	44
3.2.1. Média Sazonal dos Eventos de Precipitação Intensa.....	44
3.2.2. Frequência Relativa Anual e Sazonal.....	45
3.2.3. Duração Anual e Sazonal.....	50
3.3. Tendência da Série Temporal da Precipitação.....	51

3.3.1. Eventos Totais Anuais e Sazonais das Precipitações com Volume Horário	
Maior que 0,2 mm.....	52
3.3.2. Eventos Totais Anuais e Sazonais das Precipitações com Volume Horário	
Maior ou Igual a 10 mm.....	56
 <b>CONCLUSÕES.....</b>	 60
 <b>REFERÊNCIAS.....</b>	 66

## INTRODUÇÃO

A precipitação atmosférica é um dos principais parâmetros meteorológicos estudados, isto porque ela possui um enorme peso na caracterização do clima de uma determinada região. Ter o conhecimento da sua variabilidade em diversas escalas de tempo é importante, pois ajuda na tomada de decisão em diversos ramos da atividade econômica (como por exemplo, na agricultura, nos transportes marítimos e terrestres, no comércio, no planejamento urbano, etc.) e até no cotidiano da população local.

Na Amazônia, a precipitação foi amplamente pesquisada (SALATI et al., 1979; MOLION, 1987, 1993; FIGUEROA & NOBRE, 1990; MARENGO, 1995; FISCH et al., 1996; entre outros). Mesmo assim, por ser um fenômeno de ampla variabilidade espacial e temporal, por ser associado a sistemas meteorológicos de formação extremamente complexa e também por estar relacionado a dinâmica de ocupação humana na região, muito ainda se tem por descobrir a respeito do parâmetro na Amazônia.

Em grande parte da bacia amazônica ocorrem índices pluviométricos elevados, com volume médio de 2300 mm/ano, podendo chegar até aos 3500 mm/ano em algumas áreas da região (FISCH et al., 1996). Por ser uma das regiões mais chuvosas do planeta, é de se esperar que eventos de chuva intensa ocorram com frequência. Isto porque a maioria destes eventos é oriunda de chuvas convectivas, que são típicas de regiões tropicais como a Amazônia. Portanto, ter o conhecimento da variabilidade espacial e temporal destas precipitações intensas, especialmente em áreas urbanas, é imprescindível, pois os resultados encontrados são amplamente utilizados no planejamento de drenagem de uma cidade, na previsão de alagamentos, entre outros, minimizando assim os danos socioeconômicos relacionados a inundações, efeitos erosivos e defesa civil (SENTELHAS et al., 1998).

Molion (1975) mostrou que mais de 50% da precipitação na bacia amazônica provém da evapotranspiração da floresta (recirculação de umidade) e o percentual restante é oriundo da convergência de umidade vinda do Oceano Atlântico. Com isso, pode-se afirmar que a floresta desempenha um papel fundamental no regime hídrico da região. Porém, desde 1970 que se observa na Amazônia um grande avanço da urbanização das cidades e também da atividade agrícola, acelerando o processo de retirada da cobertura vegetal e alguns pesquisadores já associam a diminuição dos eventos de precipitação e o aumento nos picos de cheias dos rios, observados nos últimos anos, com o desmatamento em grande escala (CUTRIM et al., 2000).



Nos últimos anos, as enchentes se tornaram um desafio para as áreas metropolitanas no Brasil. Estes eventos nos mostraram que o impacto da urbanização no território natural e a explosão demográfica requerem uma nova abordagem para lidar com nossos recursos de água. Ao longo do século XX, nossas cidades se espalharam, ocupando montanhas, vales, rios e várzeas. Nosso tecido urbano tem sido impermeabilizado e não tem capacidade de drenar com sucesso os excessos de água das chuvas.

Em Porto Velho, o crescimento urbano está num ritmo acelerado, principalmente após o início recente da construção dos grandes empreendimentos instalados na cidade, como, por exemplo, as usinas hidrelétricas no rio Madeira, os shoppings e as grandes redes hoteleiras. Como se sabe, a expansão urbana é mais perceptível nas áreas periféricas das cidades do que nas áreas centrais. A Zona Sul e a Zona Leste da capital rondoniense se enquadram neste padrão. São áreas da cidade onde há maior crescimento populacional e urbano, sem nenhum tipo de cuidado com a drenagem dos igarapés, assim como a falta de proteção da mata ciliar dos mesmos, tornando a população de baixa renda que ocupa estes espaços sem planejamento urbano vulnerável às adversidades climáticas e hidrológicas.

Situações como estas exigem maior empenho da comunidade acadêmica para se ter um maior conhecimento das chuvas intensas e suas tendências, com o intuito de minimizar os impactos. Muito já se estudou a respeito e apesar da vasta literatura existente, são raras as pesquisas feitas sobre como a chuva intensa se distribui ao longo de sua ocorrência, ou seja, sua distribuição horária (SENTELHAS et al., 1998). Para Cruciani (1986), conhecer o comportamento da distribuição horária das precipitações mais intensas de uma determinada região torna mais realista a previsão hidrológica em projetos de engenharia, permitindo quantificar com maior precisão o escoamento superficial.

Questões relacionadas ao impacto ambiental decorrente de chuvas intensas tem sido motivo de preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e a ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano (MELLO et al., 1994). Porém, infelizmente, este tipo de atenção não é dado pelos gestores municipais e, com isso, os problemas se disseminam, tanto nas áreas urbanas como nas rurais, uma vez que há a carência de fiscalização da execução dessas obras por parte de quem cuida da infraestrutura da cidade. Com isso, nosso tecido urbano vai se impermeabilizando ao máximo e já não consegue mais ter capacidade de drenar com sucesso os excessos de água das chuvas.

Diante da gravidade do problema e da carência de informações a respeito, buscou-se fazer neste trabalho uma análise da distribuição horária da precipitação para todos os eventos de precipitação que possuem chuva horária acumulada maior que 0,2 mm e também fazer o mesmo para todos os eventos intensos de precipitação, que são aqueles que possuem chuva horária acumulada maior que 10 mm, na cidade de Porto Velho – RO, além de averiguar possíveis tendências anuais e sazonais da quantidade total de eventos precipitantes e também da quantidade total de eventos intensos utilizando informações horárias registradas entre 1998 e 2013 em duas estações meteorológicas automáticas (uma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e outra da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia – SEDAM), ambas localizadas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro de Pesquisa Agroflorestral de Rondônia (EMBRAPA / CPAF-RO), no município de Porto Velho.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é analisar os dados de precipitação horária registrados entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO, além de avaliar o comportamento da tendência da quantidade total de eventos precipitantes ao longo do período estudado.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar a média anual e sazonal de eventos precipitantes;
- ✓ Quantificar a frequência relativa horária anual e sazonal;
- ✓ Calcular o volume médio horário de precipitação;
- ✓ Calcular a duração média anual e sazonal dos eventos de precipitação.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1. O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE PORTO VELHO**

A cidade de Porto Velho é a capital do Estado de Rondônia. Possui a seguinte localização geográfica: 08° 46' 00" de Latitude Sul e 63° 54' 30" de Longitude Oeste, com elevação de 64 metros acima do nível médio do mar. É atualmente o maior município rondoniense e a 3º maior capital da Região Norte do Brasil com uma população de 428.527 habitantes, perdendo apenas para Manaus e Belém, que são atualmente os principais polos populacionais da Amazônia (IBGE, 2010). Este inchaço populacional, que destoa das demais capitais dos Estados Amazônicos, se deve, em grande parte, aos três ciclos de desenvolvimento que a região de Porto Velho passou, e ainda passa, desde o início de sua fundação.

O primeiro ciclo teve início no extrativismo do látex (1850-1920), que coincidiu com a construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (E.F.M.M.), quando milhares de migrantes (brasileiros e estrangeiros) vieram trabalhar na construção da ferrovia e também na extração do látex para a exportação de borracha (NASCIMENTO, 2010). Na década de 1930, com a borracha brasileira perdendo mercado para a borracha asiática, a E.F.M.M., que tinha como principal função exportar a borracha brasileira e boliviana começou a cair em desuso, provocando uma estagnação na produção dos seringais e, consequentemente, no desenvolvimento da cidade. Somente na década de 1940 a borracha amazônica voltou a ganhar mercado com o apoio que o Governo Brasileiro deu na época aos países aliados na Segunda Guerra Mundial. Este apoio retomou o desenvolvimento da região, principalmente de Porto Velho que dependia essencialmente deste tipo de atividade econômica.

A partir da década de 1950 iniciou-se o segundo ciclo de desenvolvimento em Porto Velho que foi o ciclo da extração do minério e de vegetais. A descoberta de minérios de estanho nos antigos seringais e de ouro no rio Madeira atraiu muitos imigrantes com o intuito de enriquecimento rápido. Paralelo a isto ocorreram os incentivos que o Governo Federal dava para estabelecer projetos de colonização do antigo Território como o POLOAMAZÔNIA, o POLONOROESTE e o PLANAFLORO (MAHAR, 1983; BECKER, 1998; SANTOS, 2001, 2007), associados com o asfaltamento da BR-364, que impulsionaram a ocupação do Estado, provocando um considerável deslocamento de migrantes em busca de

terra própria, onde a atividade agropecuária produziu alterações na paisagem num ritmo jamais visto na Amazônia (BATISTELA & MORAN, 2005).

Estes fatores foram fundamentais para o significativo inchaço populacional em Porto Velho, mas principalmente no interior de Rondônia. Na capital o maior fluxo migratório aconteceu entre as décadas de 1980 e 1990, onde, no início da década de 1990 a população urbana em Porto Velho era o dobro de habitantes que havia no início da década de 1980 (tabela 1). Nascimento et al. (2012) identificou que entre as décadas de 1970 e 1980 houve o maior fluxo migratório em Rondônia, período este que coincide com a época de implantação dos projetos de colonização do INCRA no interior do Estado e da pavimentação da BR-364. Porém, em Porto Velho, o inchaço populacional ocorreu uma década depois do grande fluxo migratório no interior do Estado, graças ao fracasso dos projetos de colonização incentivados pelo Governo Federal, implantados no Estado na década de 1970, provocado pela falta de gestão adequada que mantivesse a população rural no campo, além da descoberta de ouro no rio Madeira, o que levou muitas famílias assentadas nos projetos de colonização a buscarem na capital Porto Velho uma tentativa de enriquecimento e melhores condições de vida. O grande número de pessoas trabalhando nos garimpos do rio Madeira fez o Governo Federal, através MME 1345/79 e 1034/80, a liberar a atividade garimpeira na região e a criação da Reserva Garimpeira do Rio Madeira, tornando a bacia superior do rio Madeira a segunda mais importante região produtora de ouro de garimpo na Amazônia até o início da década de 1990 (BASTOS & LACERDA, 2004).

**Tabela 1.** População urbana registrada em Porto Velho pelo IBGE entre 1950 e 2010 e o acréscimo populacional entre as décadas em número de vezes. (FONTE: IBGE, 2010)

<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA EM PORTO VELHO</b>	<b>ACRESCIMO POPULACIONAL ENTRE DÉCADAS (NÚMERO DE VEZES)</b>
1950	27244	-
1960	51049	1,87x
1970	88856	1,74x
1980	138289	1,55x
1990	286471	2,07x
2000	334585	1,16x
2010	428527	1,28x

Já no início do século XXI a cidade de Porto Velho iniciou o último e presente ciclo de desenvolvimento urbano que é o ciclo do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal). O anúncio do Governo Federal em realizar projetos de desenvolvimento urbano na região com o dinheiro do PAC (como as usinas do rio Madeira, os viadutos da capital, as obras de saneamento básico entre outros) atraiu investidores e grandes empresas começaram a se instalar na cidade, gerando milhares de empregos e atraindo gente de todos os lugares do Brasil para trabalhar na capital rondoniense. Isso fez com que a cidade inchasse ainda mais e, sem estruturas suficientes para suportar a grande demanda migratória, diversos problemas cotidianos surgissem, tais como filas excessivas em bancos e estabelecimentos comerciais, superlotação dos hospitais e aumento no trânsito de veículos.

Os três ciclos de desenvolvimento que a cidade de Porto Velho passou desde sua criação ajudaram a moldar a cidade no formato na qual ela se encontra em dias atuais, tanto no seu aspecto geográfico quanto no aspecto social, econômico e ambiental. Apesar de saber que cada ciclo teve como prerrogativa impulsionar o desenvolvimento da cidade, pouco se observou da contribuição que cada ciclo teve com o desenvolvimento das condições mínimas de urbanização da cidade, que até o ano de 2008 quando as obras do PAC foram iniciadas, Porto Velho apresentava os piores índices de saneamento básico do país (NASCIMENTO et al., 2012) onde, num ranking de tratamento sanitário feito entre as 100 maiores cidades brasileiras, a capital de Rondônia aparece em 98º lugar (RONDONIAOVIVO, 2013).

Analisando estes ciclos de desenvolvimento no âmbito ambiental, apenas o primeiro ciclo não apresentou um impacto significativo no meio ambiente local, já que, apesar da construção da E.F.M.M., a economia da cidade era baseada no extrativismo vegetal. Porém, a partir do segundo ciclo é que se pode constatar uma transformação impactante no meio ambiente. Estas transformações interferiram diretamente no padrão climático local.

Para Tejas et al. (2012) a ocupação maciça ocorrida na segunda metade do século XX em Porto Velho promoveu sérios impactos ambientais. A transformação da floresta em pastos, ou, no caso da capital de Rondônia, em áreas urbanizadas, contribuiu para alterações no clima. Em toda a bacia amazônica, o clima é altamente suscetível a alterações ambientais e é considerada uma das regiões do Brasil mais vulneráveis as mudanças climáticas antropogênicas (MARENGO, 2009).

Silva (2010) analisou o comportamento médio anual de diversas variáveis meteorológicas em Porto Velho no período de 1945 a 2005, dividindo essa análise em período

pré-colonização da região (1945 a 1970) e período de colonização (1971 a 2005), com o intuito de averiguar se houve, ou não, interferência da dinâmica de ocupação territorial na cidade de Porto Velho nas variáveis meteorológicas estudadas. O autor conseguiu evidenciar a influência da urbanização da cidade na variabilidade anual da temperatura e da umidade relativa. Foi observada também uma interferência no ciclo anual da precipitação, porém, com menor significado com relação às demais variáveis estudadas.

## **1.2. A PRECIPITAÇÃO EM RONDÔNIA**

A grande disponibilidade energética e o padrão da circulação atmosférica global tornam as regiões tropicais uma das áreas onde há maior concentração de chuva no planeta. Por estar totalmente imersa nesta zona tropical, especialmente na equatorial, a região amazônica consegue apresentar significativa heterogeneidade espacial e sazonal da precipitação e é uma das regiões do Brasil que apresenta um dos maiores totais pluviométricos anuais. De acordo com Marengo & Nobre (2009), a Amazônia possui 4 núcleos de precipitação abundante: o primeiro se localiza na área costeira da Amazônia (entre o litoral do Amapá e o litoral do Pará), o segundo se encontra na porção central da região, o terceiro no noroeste da Amazônia e o quarto se localiza na parte sul da Amazônia, o que inclui também o Estado de Rondônia.

Os mecanismos meteorológicos que provocam estas chuvas convectivas na região Amazônica foram estudadas por Molion (1987), que conseguiu agrupá-las em 3 tipos: convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis; linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral da Amazônia e; aglomerados convectivos de meso e larga-escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a região Amazônica. Além destes sistemas, há também as chuvas provocadas por efeito de brisa fluvial (MOLION & DALLAROSA, 1990).

Estes sistemas meteorológicos acima citados são os principais responsáveis pelas ocorrências de precipitação pluviométrica em Rondônia. Cada um será descrito a seguir.

### 1.2.1. Convecção Diurna

Segundo Abreu (2013), a convecção causada pela radiação solar ocorre devido ao maior aquecimento do ar próximo a superfície do que em níveis superiores da troposfera. Este aquecimento quando ocorre em uma superfície com cobertura vegetal não homogênea gera áreas com temperaturas maiores que as outras, fazendo com que estas áreas mais aquecidas que as demais apresentem pressões mais baixas, forçando o ar a se convergir nas áreas mais quentes, elevando a parcela de ar quente e úmida até o nível em que a mesma se resfrie e sature o vapor d'água ali contido, dando início assim a convecção. Ao continuar este processo de convecção, as gotículas de água existentes dentro da nuvem colidem entre si e se aglutinam, fazendo com que a gota aumente de tamanho até o ponto em que ela tenha peso suficiente para vencer os ventos ascendentes dentro da nuvem e precipite ao solo. Nuvens que provocam este tipo de precipitação convectiva são as do tipo *Cumulus* e as *Cumulunimbus*, que são as nuvens de máximo estágio de convecção.

As chuvas torrenciais localizadas são fenômenos típicos de regiões tropicais, uma vez que a nuvem que provoca este evento meteorológico, a *Cumulunimbus*, se forma com muita facilidade nos trópicos pelo fato do vento horizontal ser fraco, o que favorece a movimentação do ar praticamente na vertical, ou seja, favorece os processos convectivos (TUCCI, 1997).

Tucci & Porto (2001) definiram as precipitações convectivas como chuvas que possuem alta intensidade e curta duração de tempo, cobrindo pequenas áreas e que este tipo de precipitação é mais crítico para bacias urbanas que tem curto período de tempo de concentração e uma área de captação relativamente pequena.

As precipitações convectivas geralmente ocorrem a tarde, sem orientação aparente e podem estar, ou não, associada a algum sistema de grande escala, além de possuírem deslocamento lento, ocorrem na grande maioria sobre o interior dos continentes preferencialmente entre as 13:30 e 18:30, de acordo com o ciclo de aquecimento diurno (ABREU, 2013).



### 1.2.2. Linhas de Instabilidade (LI)

O ciclo diário da precipitação na Amazônia é função do tipo de sistema convectivo de meso-escala formado em diferentes regiões da bacia e responde à propagação continente adentro de sistemas organizados em Linhas de Instabilidade (LI), que ocasionalmente alcançam o centro da bacia e causam precipitação noturna em Rondônia (SILVA, 2010).

Segundo Prasad (1993), LI (ou, genericamente, linha de trovoadas ou de precipitação) é uma estrutura de trovoadas multicelular no qual as células são alinhadas lateralmente sobre uma distância que é grande comparada a dimensão de uma célula única e onde o espaço entre as células é igual ou menor que aquelas dimensões de células individuais.

Na Amazônia, estes sistemas se organizam, geralmente, no litoral da região, devido a formação de uma baixa pressão ao longo da costa norte do continente, gerado pelo contraste térmico diário entre o continente e o Oceano Atlântico (KOUSKY, 1980). As LI's que se formam no litoral da Amazônia podem ser do tipo LI Costeira (LIC), que não se propaga por mais de 170 km continente adentro e do tipo LI de Propagação (LIP), que consegue adentrar o continente por mais de 170 km do litoral amazônico (COHEN et al., 2009).

Porém, outro tipo de LI existente na região é a LI Continental (LICon), que se formam no interior do continente, devido aos contrastes de vegetação e de orografia, além de condições favoráveis na grande escala (COHEN et al., 2004). Este tipo de LI é a que atinge Rondônia com frequência e sua dinâmica atmosférica, assim como seus efeitos em superfície na região já foi documentado em várias pesquisas (p.ex. LONGO et al., 2000; PEREIRA FILHO et al., 2002; SANTOS NETO & MORAES, 2010).

### **1.2.3. Aglomerados Convectivos Associados a Sistemas Frontais do Sul e Sudeste do Brasil**

Neste aspecto, há dois tipos de sistemas que organizam aglomerados convectivos em Rondônia. O primeiro é o sistema frontal propriamente dito, ou seja, a frente fria, que no período do Inverno austral consegue chegar até latitudes mais baixas, atingindo a Amazônia e que, além de provocar precipitações, causam também brusca queda de temperatura, fenômeno este conhecido localmente como “friagem” (SANTOS NETO & NÓBREGA, 2008a; 2008b).

Frente fria é uma zona de depressão que se constitui numa descontinuidade para a qual converge o vento de duas massas de ar com características físicas distintas (KRUSCHE et al., 2002). As precipitações frontais geralmente são intensas, contínuas e afetam áreas muito extensas à medida que o sistema se desloca (AYOADE, 1996). Em Rondônia, elas são mais frequentes entre abril e outubro (principalmente entre junho e agosto), provocando, além do frio, volumes significativos de precipitação, numa média de 10 a 12 eventos por ano (SANTOS NETO & NÓBREGA, 2008a).

Quando as frentes frias avançam em direção as latitudes mais baixas durante o verão, algumas vezes estes sistemas interagem com o ar úmido e quente tropical, produzindo convecção profunda e organizando chuvas fortes sobre o continente, causando excessiva precipitação e inundações por vários dias consecutivos (CAVALCANTI & KOUSKY, 2009). Quando estes sistemas organizam uma extensa faixa de nebulosidade que vai desde a Amazônia até ao Sudeste do país com orientação noroeste-sudeste, associado a um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera, este sistema passa a se chamar Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (CARVALHO & JONES, 2009), que é o segundo tipo de sistema com características frontais associado à precipitação em Rondônia.

A ZCAS é um sistema meteorológico típico da estação do Verão no Brasil, além de ser o principal responsável pelas chuvas registradas durante a estação chuvosa em grande parte do país, tanto que quando a ZCAS está ativa, a atividade convectiva sobre o continente pode aumentar o valor do percentil de 95% da precipitação diária com respeito à climatologia sobre boa parte do Centro-Leste do Brasil, incluindo alguns Estados do Nordeste (CARVALHO et al., 2004). No sudoeste da Amazônia, onde se localiza Rondônia, este sistema modula o regime de precipitação na estação chuvosa da região, que coincide com o período de máxima frequência deste sistema, que é durante o Verão austral.

#### 1.2.4. Brisa Lacustre ou Fluvial

A circulação de brisa é geralmente observada sobre o litoral dos continentes. As massas de terra (continentes) apresentam um coeficiente calorífico inferior às massas de água (oceanos). Com o aquecimento diurno, a terra se aquece mais rapidamente que o mar, gerando um diferencial de pressão que faz com que o vento sopra do oceano para o continente (brisa marítima). Durante a noite, a terra perde calor para a atmosfera mais rapidamente que o mar, tornando a terra mais fria que o oceano e gerando assim um novo diferencial de pressão, fazendo com que o vento sopra do continente para o mar (brisa terrestre). Na Amazônia, devido à grande largura de seus rios que podem chegar até a 10 km, este fenômeno também é observado e favorece a convecção nas margens dos rios.

Os efeitos deste fenômeno são descritos por Oliveira & Fitzjarrald (1993) que, ao fazer observações radiométricas a bordo de um avião na Amazônia, identificou a existência desta circulação em baixos níveis da atmosfera (da superfície até 2000 metros) com um fluxo de vento da floresta para o rio durante a noite e início da manhã e do rio para a floresta entre a tarde e o começo da noite, com gradiente térmico entre o rio e a floresta de  $-3^{\circ}\text{C}$  durante o dia e de  $+6^{\circ}\text{C}$  durante a noite.

Molion & Dallarosa (1990) também identificaram a interferência da precipitação da brisa fluvial nas medições pluviométricas sobre as cidades amazônicas, aconselhando a não generalizar os resultados registrados em estações meteorológicas próximas aos rios para as áreas mais afastadas da margem, já que, considerando-se 4 postos pluviométricos próximos à Manaus – AM, o menor índice anual (1843 mm) foi observado numa estação instalada em uma ilha no rio Negro, sendo o maior índice pluviométrico (2303 mm) na localidade distante cerca de 100 km.

Certamente estas influências são mais intensas nas regiões em que a largura do rio é considerável, tais como próximo à Manaus (confluência dos rios Negro e Solimões), Santarém (rios Tapajós e Amazonas) e Belém (rios Tocantins, Guamá e parte sul da foz do rio Amazonas), (FISCH et al., 1996). No entanto, se houverem condições na grande e meso escala, é possível organizar convecção de brisa fluvial em rios com largura menor.

### **1.3. A VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RONDÔNIA**

Estudar a variabilidade temporal da precipitação dentro da região de interesse é um parâmetro importante a ser considerado neste estudo. Como a área de estudo é a cidade de Porto Velho há poucas informações a respeito. Para Bezerra et al. (2010), a carência de estudos da variabilidade espaço-temporal da precipitação na cidade ocorre devido a falta de uma rede de estações climatológicas de superfície que se estenda por toda a área territorial do município de Porto Velho, que conta apenas com uma única estação oficial registrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), além da série histórica de registros meteorológicos na cidade ser recente, com início em 1945 até os dias atuais, sendo que o ideal para trabalhos mais consistentes na verificação de tendências cíclicas seriam uma base de dados com mais de 100 anos.

A grande maioria das pesquisas feitas sobre a precipitação em Rondônia se concentra nas campanhas do “Experimento de Grande Escala da Biosfera Atmosfera da Amazônia – Projeto LBA” que por dois ou três meses realizaram campanhas experimentais no centro do Estado em diferentes estações do ano, a fim de analisar de forma integrada e detalhada a interação biosfera-atmosfera que influenciam o clima local e, em particular, a formação de nuvens e das chuvas (SILVA DIAS et al., 2005).

Como resultado da série de dados coletados nestas campanhas experimentais do Projeto LBA destacam-se os trabalhos de Hanaoka (2004) e Fisch et al. (2007), que ao analisar o comportamento das chuvas convectivas em Rondônia descobriu que os eventos possuem, em muitos casos, uma abrangência em um raio de até 2 km. Com relação ao horário preferencial, elas ocorrem principalmente no período da tarde, quando é provocada por processos convectivos locais, e entre o fim da madrugada e as primeiras horas da manhã, quando ela é provocada por sistemas convectivos de meso e larga escala (TOTA et al., 2000). Além disso, quando se compara o total de chuva ocorrido nas áreas de floresta e nas de pastagem, observa-se um volume de chuva cerca de 28% maior na floresta do que em áreas de pasto (FERREIRA DA COSTA et al., 1998).

Para a região de Porto Velho, que é de interesse neste trabalho, Nechet & Barros (1998) estudaram a variabilidade diurna da precipitação na capital de Rondônia usando 12 anos de dados do aeroporto local. Verificaram que durante todo o ano ocorrem precipitações na cidade, mas com predominâncias de horários em determinadas épocas do ano. Na época chuvosa ocorrem dois máximos de precipitação: um no início da manhã e outro à tarde. Já na

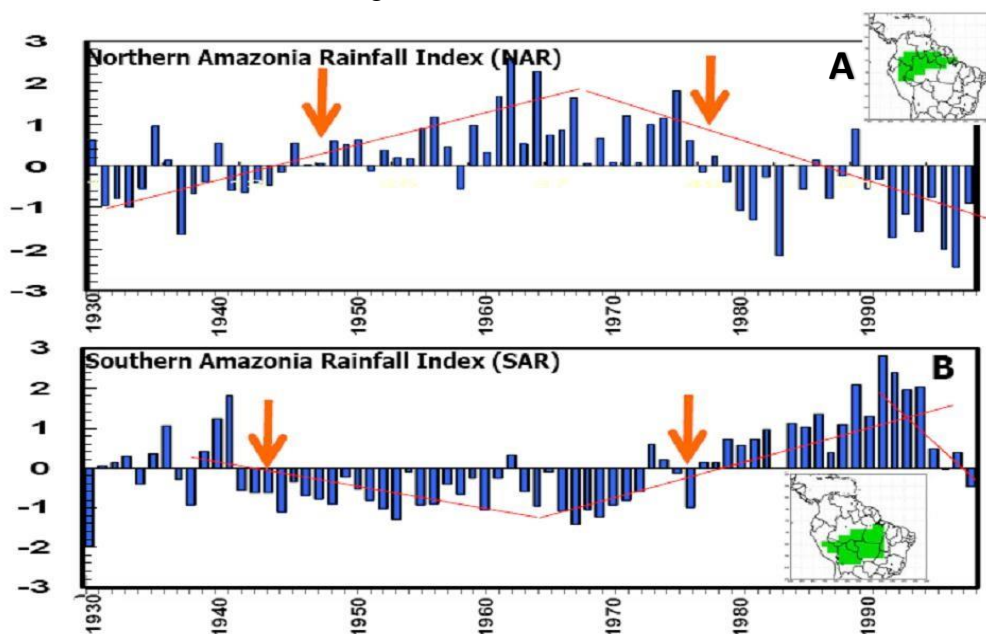
época de transição e na estação seca há uma predominância à tarde. Isto caracteriza a região de Porto Velho como um modelo de precipitação horário do tipo “misto”, ou seja, quando acontecem ao longo do ano na mesma localidade modelos de precipitação do tipo “continental” (chuvas à tarde e/ou início da noite) e modelo “marítimo” (chuvas durante a noite e madrugada) (ASNANI, 1993).

Santos Neto et al. (2012) também estudou a variabilidade horária anual e sazonal da precipitação na capital de Rondônia, porém, para um período mais curto, considerando apenas de Março de 2011 a Fevereiro de 2012. As frequências relativas de eventos de precipitação foram feitas para volumes acima de 0,2 mm para cada 10 minutos e também para volumes acima de 1 mm a cada 10 minutos, a fim de identificar o ciclo horário das chuvas mais intensas. Os autores verificaram que, na análise de 12 meses, as maiores frequências de todos os eventos de precipitação ocorreu de madrugada (entre 05:40 e 05:50 horas) com um segundo máximo a tarde (17:00 horas), enquanto que nas precipitações intensas as maiores frequências foram observadas durante a tarde (15:40 horas). Na observação sazonal, as maiores frequências relativas de todos os eventos de precipitação do Outono, do Inverno e da Primavera foram a tarde, com um retardamento das máximas frequências à medida que se avança no ano, ou seja, as máximas frequências ocorrem no começo da tarde durante o Outono, no meio da tarde no Inverno e entre o fim da tarde e o começo da noite na Primavera. Apenas no Verão as maiores frequências horárias ocorreram durante a madrugada.

Com relação ao comportamento climático da precipitação e sua tendência anual na Amazônia, Marengo & Valverde (2007) detectaram um padrão inverso na variabilidade interdecadal de precipitação entre a parte norte da Amazônia (Estados do Amazonas, Roraima, Amapá e Pará) e a parte sul da Amazônia (Estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso e Tocantins), conforme mostra a figura 1. Entre a década de 1940 e de 1970, enquanto na porção norte da Amazônia se verificava anomalias positivas de precipitação, na porção sul da região se observava o contrário. Somente a partir da década de 1970 que este padrão se inverteu, com a porção sul da Amazônia apresentando padrões de excessos de chuva até o final do século XX, onde, novamente, aparece outra inversão no sinal, apontando um decaimento nos volumes totais anuais da precipitação sobre a porção sul da região. Os autores associam estas mudanças de fase na precipitação regional da Amazônia à Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a ocorrência de eventos frequentes e intensos de El Niño.

Em Porto Velho, Bezerra et al. (2010) fizeram uma análise do comportamento anual da chuva na cidade de 1945 até 2003 e detectaram uma sazonalidade bem definida na região, com um período chuvoso que se estende de novembro a abril (com precipitações que oscilam de 228,9 mm a 329,6 mm) e um período seco que vai de junho a setembro (com precipitações oscilando entre 38,7 mm a 107,7 mm), sendo os meses de maio e outubro os meses de transição entre as estações. Com relação a tendência da precipitação, os autores verificaram que a maioria dos eventos encontrados ficaram dentro da faixa de variabilidade estabelecidas no trabalho. O mesmo resultado também foi encontrado ao fazer uma verificação na variabilidade trimestral da precipitação ao longo do período estudado.

**Figura 1.** Anomalias normalizadas de chuva para o Norte (a) e para o Sul (b) da Amazônia desde 1929 a 1997. (FONTE: Marengo & Valverde, 2007).



Neste mesmo contexto, Tejas et al. (2012) estudou o comportamento de diversas variáveis meteorológicas de 1982 a 2011 usando dados da estação meteorológica localizada no aeroporto de Porto Velho. Na análise feita a respeito da precipitação total anual, na qual se utilizou apenas o período entre 1999 e 2011, os autores observaram que a precipitação total anual apresentou uma tendência de redução na variável, numa ordem média de 500 mm e sugerem que esta redução esteja relacionada com o crescimento urbano de Porto Velho em face de redução da cobertura vegetal.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAIS

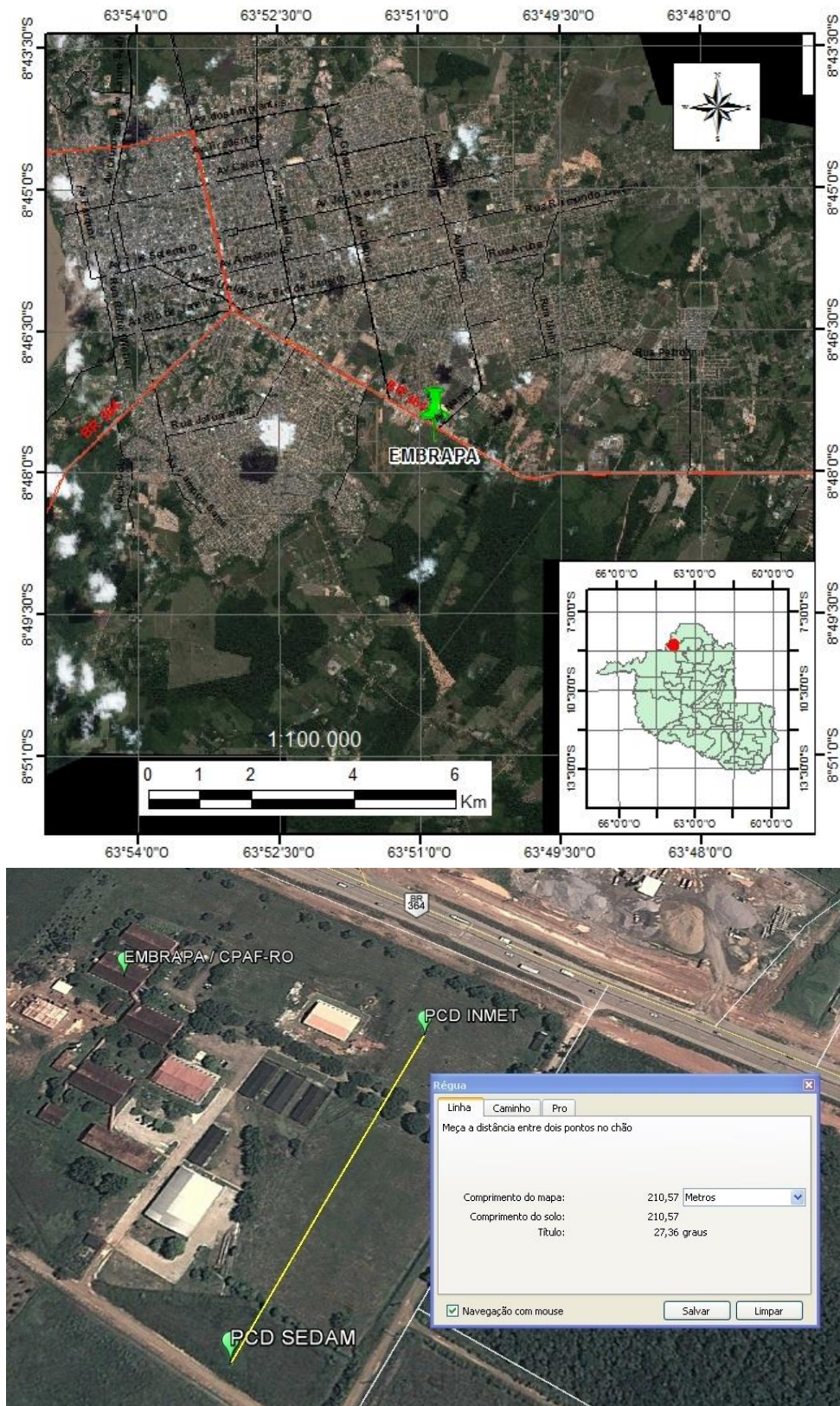
Para a realização deste estudo foram utilizados dados horários de volume de chuva acima de 0,2 mm entre Janeiro de 1998 e Dezembro de 2013 registrados em duas estações meteorológicas automáticas, também conhecidas como Plataforma de Coleta de Dados (PCD). A primeira PCD pertence ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e possui a seguinte localização geográfica: 08° 47' 37" de Latitude Sul e 63° 50' 45" de Longitude Oeste. A segunda PCD pertence à Secretaria de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM) e possui a seguinte localização geográfica: 08° 47' 43" de Latitude Sul e 63° 50' 48" de Longitude Oeste. Ambas estão instaladas nas dependências da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro de Pesquisa Agroflorestral de Rondônia (EMBRAPA / CPAF-RO), no município de Porto Velho. A figura 1 apresenta o mapa de localização da sede da EMBRAPA e das estações na cidade de Porto Velho.

O motivo pelo qual se utilizou dados de duas PCD's e não apenas de uma é pela descontinuidade dos dados que cada estação apresenta. A PCD da SEDAM possui informação pluviométrica horária de Janeiro de 1998 até os dias atuais e a PCD do INMET possui informação pluviométrica horária de Julho de 2007 até os dias atuais. Como toda PCD é suscetível a manutenção periódica (p.ex. troca de bateria, limpeza do terreno e dos instrumentos, ninho de pássaros e insetos sobre os instrumentos) é de se esperar que por alguns períodos ela não faça medição. Por isso optou-se por utilizar neste estudo as informações das duas PCD's, pois nos períodos em que uma PCD encontrava-se em manutenção a outra PCD realizava o registro do mesmo evento de chuva.

Como verificado por Hanaoka (2004) e Fisch et al. (2007), em Rondônia o mesmo evento de chuva convectiva pode ser registrado por vários pluviômetros que estejam até 2 km de raio do centro da precipitação. No caso deste estudo, as duas estações estão a 210 metros de distância uma da outra (conforme figura 2), o que nos permite afirmar, nesta pesquisa, que o evento de chuva registrado em uma PCD será o mesmo que a outra PCD irá registrar, independente da intensidade do evento precipitante.



**Figura 2.** Mapa de localização da sede da EMBRAPA (acima) e das PCD's dentro da sede da EMBRAPA assim como a distância entre as estações (abaixo) na cidade de Porto Velho – RO. (FONTE: Google Earth).



## 2.2. MÉTODOS

De posse dos dados, foi feita a somatória de todos os eventos de chuva em cada horário de registro durante todos os dias do período estudado. Em seguida, foi feito o cálculo de frequência relativa dos eventos de chuva aplicando a relação entre o número de casos de precipitação de cada hora com o número total de casos em 24 horas (SPIEGEL, 1972). Este cálculo foi feito usando a seguinte equação:

$$FR(\%) = \frac{F(h)}{F(24)} \times 100$$

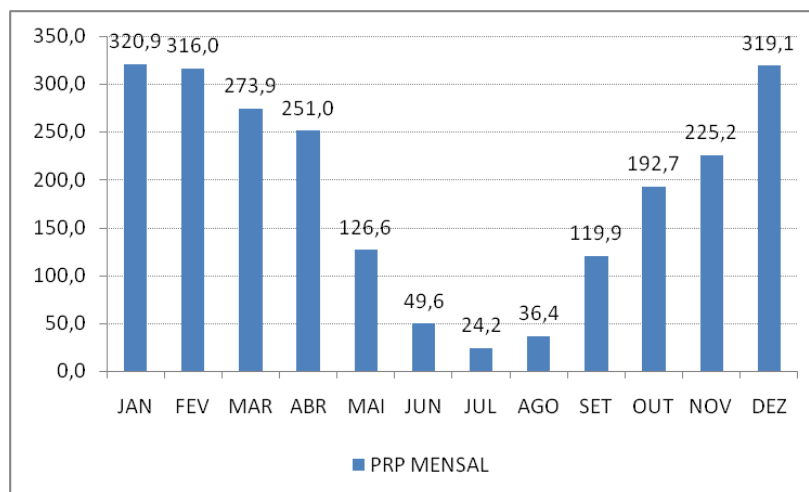
onde FR é a frequência relativa da precipitação em termos percentuais, F(h) é o número de eventos ocorridos em um intervalo de uma hora e F(24) é o número de eventos ocorridos durante as 24 horas do dia. O procedimento foi feito para todo o período de estudo, a fim de se obter a variabilidade horária média anual da precipitação.

A mesma metodologia também foi aplicada para se obter a variabilidade horária média sazonal da precipitação. Os períodos sazonais foram definidos de acordo com o volume médio mensal das normais climatológicas do INMET de 1961 a 1990 de acordo com a figura 3. Segundo INMET (2009), o trimestre mais chuvoso em Porto Velho é entre Dezembro, Janeiro e Fevereiro (956 mm) e o trimestre mais seco compreende os meses de Junho, Julho e Agosto (110,2 mm), deixando o trimestre de Março, Abril e Maio (651,5 mm) e o de Setembro, Outubro e Novembro (537,8 mm) como sendo “trimestres de transição”. Como cada um destes trimestres coincide com os meses de início das estações do ano, definiu-se então neste trabalho que a análise sazonal será compreendida pelo trimestre de duração de cada estação do ano, ou seja, Verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro); Outono (Março, Abril e Maio); Inverno (Junho, Julho e Agosto) e Primavera (Setembro, Outubro e Novembro) (SILVA & SILVA DIAS, 2002).

Como o Verão é uma estação “interanual”, ou seja, engloba meses de dois anos consecutivos e como neste trabalho os ciclos anuais estão “fechados” de Janeiro a Dezembro, os verões de 1998 (Dezembro de 1997, Janeiro e Fevereiro de 1998) e de 2014 (Dezembro de 2013, Janeiro e Fevereiro de 2014) não serão calculados por ausência de dados dos meses que compõem a estação, em outras palavras, ausência de dados dos meses de Dezembro de 1997 e de Janeiro e Fevereiro de 2014.

É importante ressaltar que esta definição da sazonalidade aplicada neste trabalho em estações do ano é apenas para facilitar a identificação dos trimestres estudados e não implica dizer que Porto Velho sofre efeitos da transição entre as estações. No ponto de vista astronômico, a capital de Rondônia passa sim por cada estação do ano, já que a definição de cada estação está na posição em que o planeta Terra se encontra no seu movimento de translação ao redor do Sol. Já no ponto de vista climatológico, Porto Velho não sente os efeitos da mudança entre as estações, uma vez que a cidade se encontra dentro da região equatorial, área onde a incidência solar é sempre intensa e pouco variável ao longo do ano, o que proporciona apenas “duas estações” que são regionalmente conhecidas como “verão amazônico” (época da seca) e “inverno amazônico” (época das chuvas).

**Figura 3.** Normal climatológica de 1961 a 1990 da média mensal da precipitação em Porto Velho – RO. Adaptado de INMET (2009).



Obteve-se a duração de todos os eventos de chuva registrados pela estação durante o período estudado fazendo a contagem do número de horas consecutivas em que o volume de chuva foi superior a 0,2 mm. De posse de todas as durações de eventos de precipitação, separaram-se cada evento em classes diferentes de duração, definidas arbitrariamente da seguinte forma: eventos de precipitação com até 3 horas de duração; eventos de precipitação com duração de 4 a 6 horas e eventos de precipitação com duração igual ou superior a 7 horas. Com isso, pode-se obter a duração média dos eventos de chuva em Porto Velho anual e sazonal, assim como a distribuição média das classes de duração dos eventos precipitantes ao longo do ano e das estações.

Calculou-se também a média dos valores de precipitação acumulados em cada hora para todo o período estudado e também separado por cada estação do ano. Este procedimento tem como objetivo realizar uma análise anual e sazonal para saber em qual o horário as chuvas caem com maior intensidade.

Com relação às chuvas intensas, primeiro definiu-se que estes eventos em Rondônia possuem um limite igual ou superior a 10 mm/h (FERREIRA DA COSTA et al., 1997; DIAS et al., 2000). A partir daí, foram contabilizados todos os eventos em que o volume de precipitação horária foi igual ou superior a 10 mm para, em seguida, obter a frequência horária de ocorrência de precipitações intensas e analisar de forma anual e sazonal. Contou-se também o número eventos em que o pluviômetro registrou 10 mm ou mais por um período igual ou maior que duas horas consecutivas em cada mês e assim obteve-se a frequência sazonal de ocorrência de precipitações intensas duradouras.

Em todos os parâmetros acima mencionados e trabalhados calculou-se também a distribuição anual e sazonal ao longo de todo o período estudado, assim como a tendência linear dos mesmos. Este procedimento tem como objetivo avaliar possíveis tendências climáticas das variáveis ao longo destes 16 anos de estudo.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. ANÁLISE HORÁRIA DE TODAS AS PRECIPITAÇÕES**

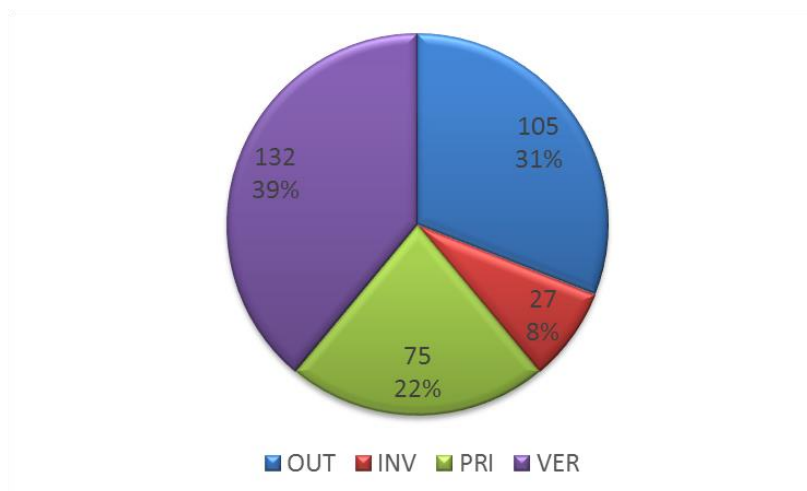
Neste tópico serão abordados os resultados das análises feitas sobre todos os registros horários de precipitação com volume superior a 0,2 mm. A análise foi feita anualmente e sazonalmente, a fim de se obter a variabilidade horária dos seguintes parâmetros: a média da quantidade de eventos de chuva, a frequência relativa destes eventos, o volume médio das precipitações e a duração média dos eventos de chuva dividida em classes distintas.

##### **3.1.1. Média Sazonal dos Eventos de Precipitação**

Entre Janeiro de 1998 e Dezembro de 2013 foram contabilizados 5380 eventos de precipitação com volume superior a 0,2 mm. Eventos estes que tiveram as mais variadas durações e índices pluviométricos, que serão vistos nas seções posteriores. Em média, ocorrem 339 eventos de chuva por ano em Porto Velho. A distribuição sazonal da média destes eventos é mostrada na figura 4.

Observa-se que a maioria dos eventos de precipitação em Porto Velho ocorre no período do Verão (39%) com uma média de 132 eventos ao longo desta estação. Isto se deve ao fato do Verão ser a estação onde se concentra os maiores índices pluviométricos do ano em média, conforme visto na Figura 2. As estações de transição do Outono e da Primavera possuem o segundo e o terceiro maior número de eventos de precipitação do ano, respectivamente. No Outono ocorrem, em média, 105 eventos de chuva (31% do total anual) e na Primavera 75 eventos (22% do total anual). Por último fica o Inverno, que é o trimestre mais seco do ano na capital de Rondônia. Neste período ocorrem, em média, apenas 27 eventos de precipitação, cerca de 8% do total anual.

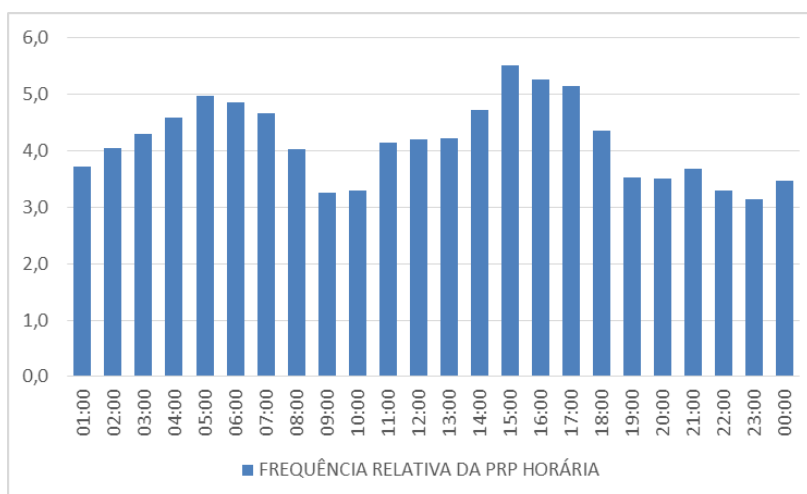
**Figura 4.** Média sazonal de eventos de precipitação ocorridos entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



### 3.1.2. Frequência Relativa Anual e Sazonal

Das 140256 horas que se passaram desde a 01:00 hora do dia 01/01/1998 até a 00:00 hora do dia 01/01/2014 foram contabilizados 10684 horas (7,6% do total de horas) com chuva superior a 0,2 mm em Porto Velho. A distribuição horária destes eventos durante todo o período de coleta encontra-se na figura 5. Nota-se que houve registro de precipitação em todos os horários do dia ao longo do período estudado, com dois picos de máximas frequências: um durante a madrugada (05:00 horas) e outro no período da tarde (15:00 horas), semelhante ao que foi encontrado por Nechet & Barros (1998).

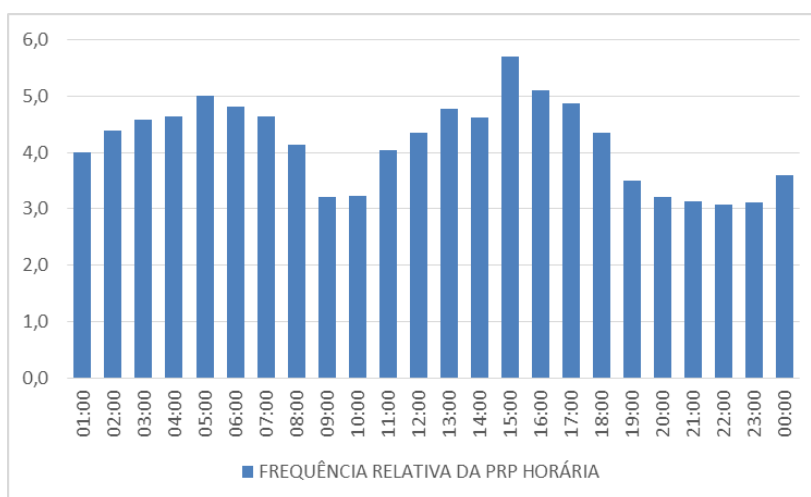
**Figura 5.** Frequência relativa horária da precipitação ocorrida entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



Analisando agora de forma sazonal, das 10684 horas de precipitação acima de 0,2 mm registradas, 3123 horas ocorreram durante o Outono (29,2%), 587 horas ocorreram durante o Inverno (5,5%), 2243 horas ocorreram durante a Primavera (21%) e 4548 horas ocorreram durante o Verão (44,3%).

O Outono austral em Porto Velho é conhecido como de transição entre a época chuvosa e a época seca (NECHET & BARROS, 1998). A frequência relativa dos eventos que ocorreram durante esta estação está disposta na figura 6. Em todos os horários do dia durante o Outono foi observado chuva. Nota-se que neste período a distribuição horária da precipitação apresenta um comportamento muito semelhante a distribuição horária anual, com picos elevados durante a tarde (frequência máxima as 15:00 horas) e outros picos secundários durante a madrugada (frequência máxima as 05:00 horas).

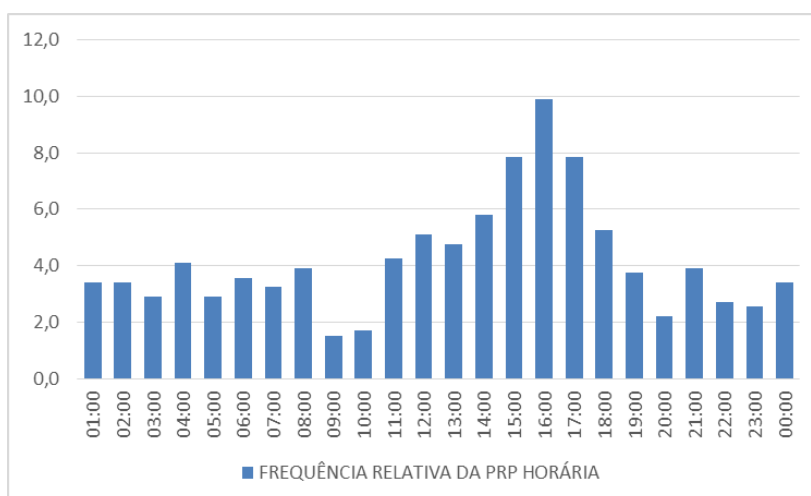
**Figura 6.** Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



O Inverno austral em Porto Velho é localmente conhecido como “verão amazônico”, devido às altas temperaturas e aos baixos índices pluviométricos e de umidade que são observados nesta época do ano na região. Como consequência, poucos eventos de precipitação são observados nesta época. A distribuição da frequência dos eventos é mostrada na figura 7. Nota-se uma grande predominância de frequências horárias de chuva durante a tarde, principalmente no meio do período (16:00 horas) com frequências relativas que chegam próximo de 10%. Outros picos secundários estão distribuídos ao longo dos demais períodos do dia, mas com frequências que dificilmente passam de 4%.

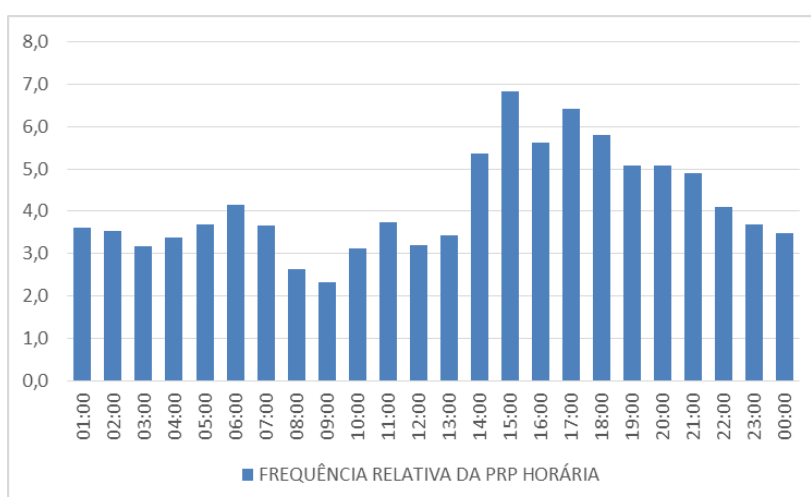


**Figura 7.** Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



A Primavera austral em Porto Velho caracteriza-se por ser o segundo período de transição do ano, sendo esta a transição da estação seca para a estação chuvosa. A figura 8 mostra a distribuição da frequência horária de chuva ocorrida nesta época do ano durante o período estudado. Observa-se uma grande concentração de eventos de chuva entre as 14:00 horas e as 21:00 horas. Só nestas 8 horas do dia concentram-se quase 50% de todos os eventos que caem ao longo do dia nesta estação do ano, com uma predominância máxima por volta das 15:00 horas e um máximo secundário as 17:00 horas.

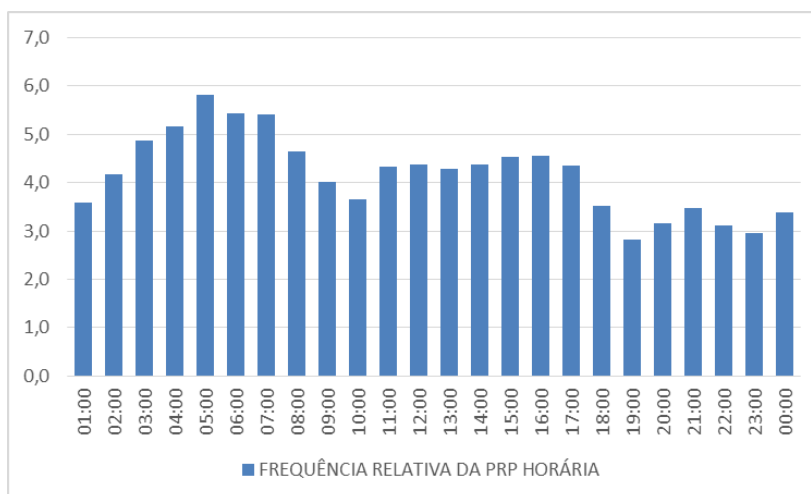
**Figura 8.** Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.





Por fim temos o Verão austral em Porto Velho, onde ocorrem os maiores índices pluviométricos do ano e que por conta disso é localmente denominado de “inverno amazônico”. As frequências relativas calculadas para este período estão na figura 9. Ocorreram precipitações em todos os horários do dia durante todos os Verões observados entre 1998 e 2013. Observam-se dois períodos predominantes de chuva horária nesta estação. O primeiro ocorre entre a madrugada e as primeiras horas da manhã, com pico máximo as 05:00 horas. O segundo período predominante vai das 11:00 horas até as 17:00 horas, com um máximo de frequências ocorrendo as 16:00 horas. Segundo Tota et al. (2000), a predominância de maiores frequências relativas durante a madrugada/manhã nesta época do ano se deve a atuação de sistemas de meso ou larga escala sobre a região. Neste caso, o fenômeno mais comum na meso escala a atuar nesta época do ano são os Sistemas Convectivos de Meso-Escala (SCM) e os de larga escala enquadra-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

**Figura 9.** Frequência relativa horária de todos os eventos de chuva ocorridos durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO.

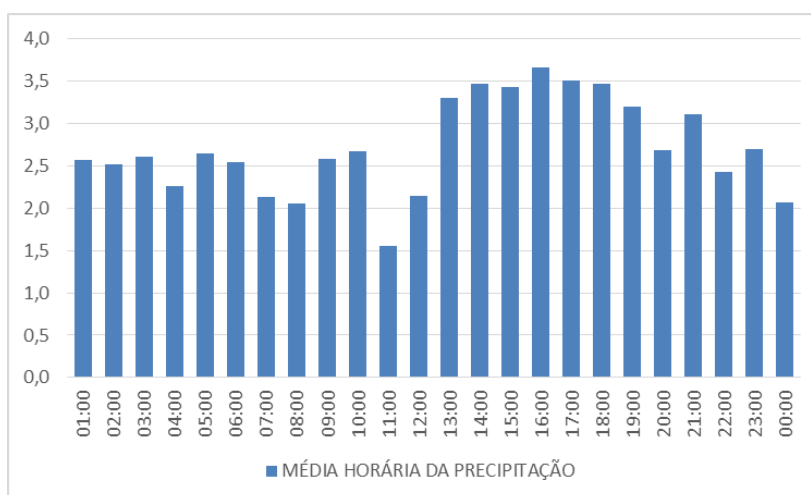


### 3.1.3. Volume Médio Anual e Sazonal

De todas as 10684 horas de chuva acima de 0,2 registradas nas estações usadas neste estudo, o maior evento registrado num intervalo de uma hora foi de 79,2 mm acumulados entre 05:00 e 06:00 horas do dia 26/01/2000. O segundo maior evento não foi muito diferente do primeiro maior evento. Foram registrados 78,4 mm acumulados entre 20:00 e 21:00 horas do dia 15/03/2010. Tomando como referência os volumes médios de chuva das Normais Climatológicas (INMET, 2009), o maior evento de chuva horária representa, aproximadamente, 1/4 do volume esperado para todo o mês de Janeiro (320,9 mm) e o segundo maior evento representa, aproximadamente, 1/3 de todo o volume de chuva esperado para Março (273,9 mm) caindo em apenas 1 hora.

A figura 10 mostra a distribuição das médias horárias do volume das precipitações registradas entre 1998 e 2013. A média horária anual levando em conta o período estudado é de 2,7mm. Observa-se que os maiores volumes acontecem, em média, durante a tarde, com todas as horas do período vespertino ultrapassando a marca de 3,0 mm/h (principalmente as 16:00 horas, onde a média horária é de 3,7 mm) e também no horário noturno das 21:00 horas. Nas demais horas da noite e nos outros períodos do dia, o volume médio horário fica próximo da média horária anual, com exceção do horário das 11:00, que é a hora que apresenta a menor média (1,6 mm).

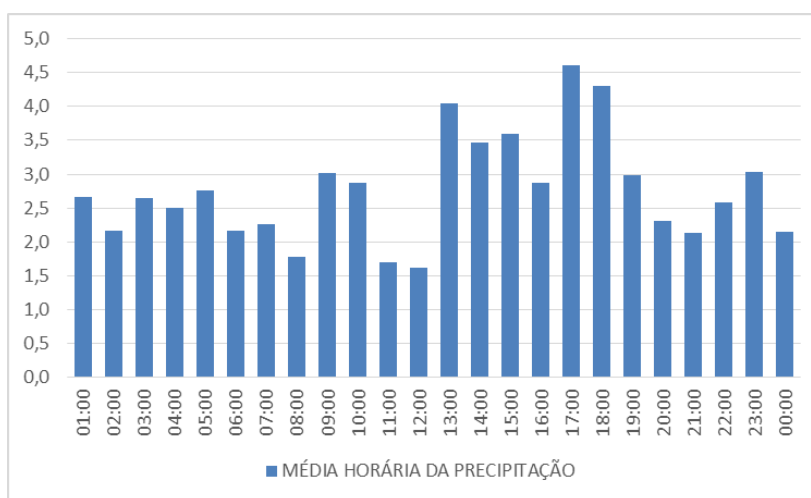
**Figura 10.** Média horária anual do volume da precipitação (em mm) registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.



Analisando agora de forma sazonal, a figura 11 apresenta a média do volume da precipitação horária ocorrida durante o Outono entre 1998 e 2013. A média horária do volume

das precipitações ocorridas nesta época foi de 2,8mm. Observa-se que nesta estação os maiores volumes ocorrem, em média, em todos os horários da tarde, especialmente as 17:00 horas (maior pico do gráfico com 4,6 mm) e as 18:00 horas (segundo máximo do gráfico com 4,3 mm). Os horários onde as chuvas não costumam cair com grande intensidade nesta estação, em média, são as 08:00, 11:00 e 12:00 horas com 1,8 mm, 1,7 mm e 1,6 mm, respectivamente.

**Figura 11.** Média horária do volume da precipitação (em mm) do Outono registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.

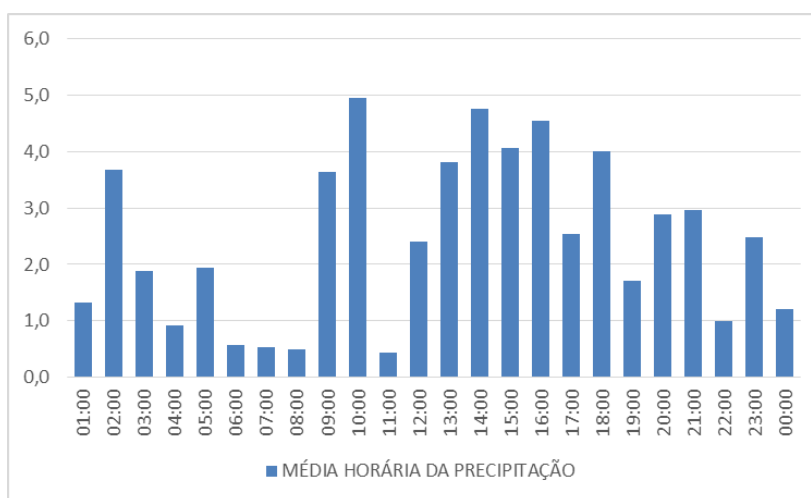


As médias horárias do volume da precipitação ocorridas durante o Inverno entre 1998 e 2013 são mostradas na figura 12. Nesta época, a média volumétrica horária observada foi de 2,4 mm. Durante esta estação os maiores volumes ocorreram preferencialmente as 10:00 horas (5,0 mm) com um segundo horário preferencial as 14:00 horas (4,8 mm).

Como neste trimestre ocorrem poucos eventos de precipitação e também por se tratar de volumes médios, é natural que ocorram valores elevados em horas atípicas, como este máximo mostrado na figura 12, que é resultado de um único evento intenso que ocorreu no dia 22/07/2013, onde, as 10:00 horas choveu 27,4 mm. Este volume que caiu em apenas uma hora é maior do que a média de chuva esperada para todo o mês de Julho, que é de 24,2 mm (INMET, 2009) e foi fruto da convecção associada a chegada de uma intensa frente fria ao Estado de Rondônia. A mesma frente fria que provocou eventos de nevada histórica em várias cidades do Sul do Brasil e recordes de temperatura mínima em todo o Centro-Sul do país, inclusive no sul da Amazônia (DOLIF, 2013).

Este volume somado com os outros poucos e fracos eventos que ocorreram neste mesmo horário e dividido pelo número total de ocorrência dos mesmos, fez com que a média atingisse valores ainda maiores do que as médias obtidas nos horários vespertinos, onde se concentraram a maioria dos eventos ocorridos nesta estação e onde são observadas as chuvas mais intensas, de acordo com as médias horárias anuais de precipitação apresentadas na figura 9.

**Figura 12.** Média horária do volume da precipitação (em mm) do Inverno registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.



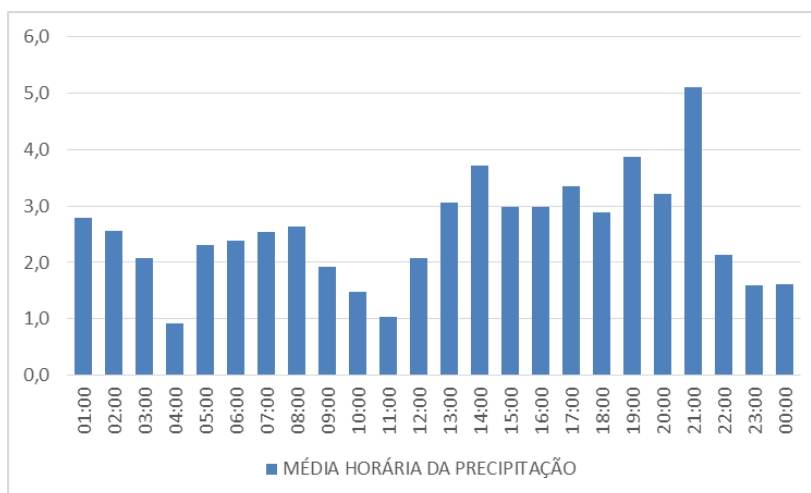
Na figura 13 está a média dos volumes de precipitação horária ocorridas durante a Primavera entre 1998 e 2013. Nesta época o volume médio horário calculado dentro do período estudado foi de 2,6 mm. Ao longo desta estação do ano, observa-se que os maiores volumes concentram-se entre a tarde e à noite, mas principalmente durante a noite (21:00 horas com média de 5,1 mm).

Diferente do que foi observado na média horária do volume da precipitação do Inverno, no horário das 21:00 horas da Primavera houveram diversos eventos significativos com volumes acima de 10 mm/h. No entanto, dois casos ocorreram neste horário com volumes bastante elevados, que destoam da população de eventos registrados no período e que contribuíram para que a média desta hora se destacasse perante as demais.

O primeiro evento ocorreu no dia 19/10/2006 onde choveu 43,4 mm no horário em questão. Já o segundo evento ocorreu no dia 22/10/2009 onde choveu 54,8 mm. Ambos os

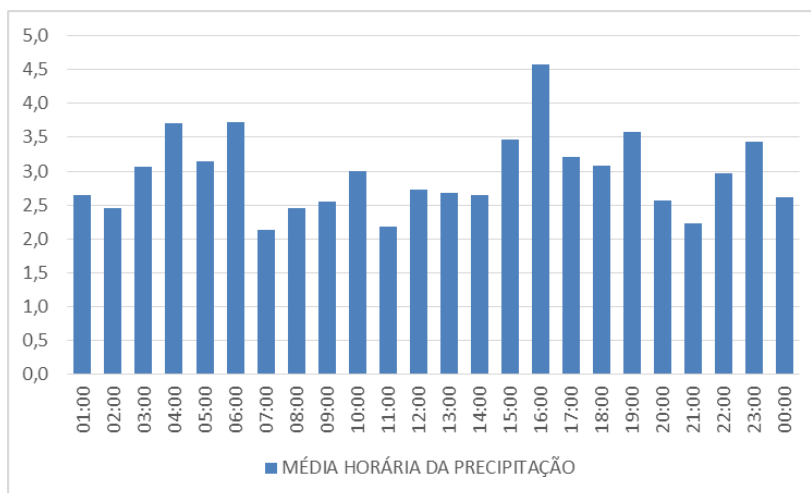
eventos representam, aproximadamente, 1/4 de toda a precipitação média do mês de Outubro (192,7 mm) caindo em apenas uma hora (INMET, 2009).

**Figura 13.** Média horária do volume da precipitação (em mm) da Primavera registrada entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.



A média dos volumes das precipitações horárias observadas durante o Verão entre 1998 e 2013 é mostrada na figura 14. Nesta época do ano ocorrem os maiores volumes médios horários de precipitação em comparação com as demais estações do ano, calculada em 2,9 mm. Observa-se que, diferente das demais estações do ano, em todas as horas do Verão as chuvas caem com intensidade média acima de 2,0 mm, que é uma resposta aos altos índices pluviométricos que ocorrem neste trimestre. Os maiores volumes médios da estação ocorrem às 16:00 horas, com média de 4,6 mm/h. Destacam-se também os horários das 03:00 às 06:00 horas, das 15:00 às 19:00 horas e das 22:00 a 23:00 horas, onde o volume médio de chuva é igual ou superior a 3,0 mm/h.

**Figura 14.** Média horária do volume da precipitação (em mm) do Verão registrada entre 1999 e 2013 em Porto Velho – RO.



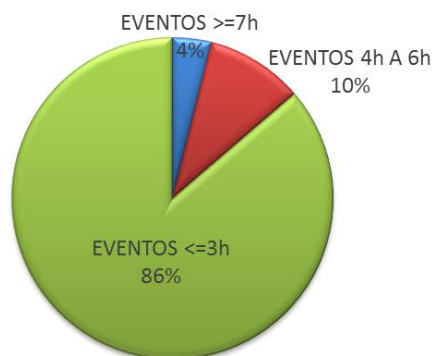
### 3.1.4. Duração Média Anual e Sazonal

A duração média anual de eventos de precipitação em Porto Velho é de 1,8 horas. Analisando sazonalmente, no Outono os eventos duram, em média, 1,9 horas. No Inverno os eventos duram 1,4 horas. Na Primavera a duração média é de 1,8 horas e no Verão os eventos duram 2,3 horas. Nota-se que durante o Verão os eventos de precipitação costumam ser longos, enquanto que no Inverno os eventos são curtos.

A figura 15 mostra a distribuição, separada em classes, da duração de todos os eventos de precipitação contabilizados neste trabalho. Dos 5380 contabilizados, a grande maioria (86%) teve duração menor ou igual a 3 horas. 10% dos eventos tiveram duração entre 4 e 6 horas e apenas 4% tiveram duração igual ou superior a 7 horas consecutivas de chuva.

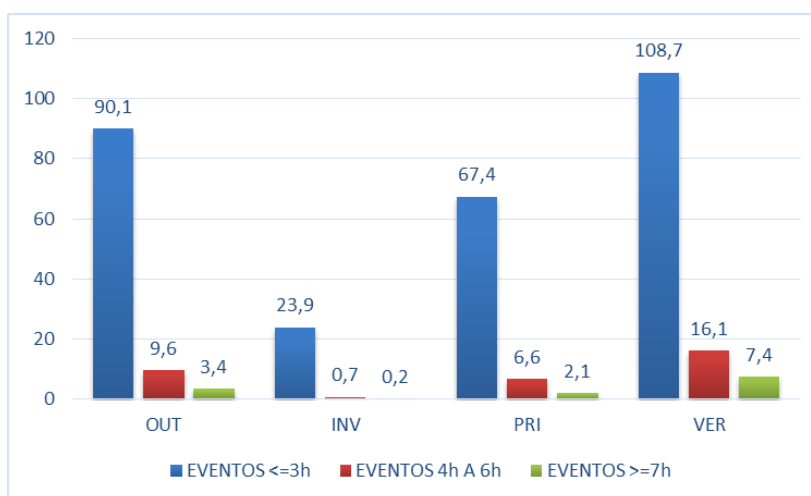
Em todo o período estudado ocorreram 3 eventos com duração de 16 horas consecutivas de precipitação, que é a maior duração verificada nas estações consultadas nesta pesquisa. O primeiro ocorreu entre as 21:00 horas do dia 15/12/2000 e as 12:00 horas do dia 16/12/2000 acumulando um total de 23,6 mm. O segundo evento ocorreu entre as 23:00 horas do dia 13/12/2002 e as 14:00 horas do dia 14/12/2002 acumulando um total de 69,6 mm. O terceiro evento ocorreu entre as 17:00 horas do dia 17/02/2011 e as 08:00 horas do dia 18/02/2011. Nota-se que estes eventos ocorreram durante o Verão, que é o período em que as chuvas mais longas acontecem com maior frequência na capital de Rondônia.

**Figura 15.** Distribuição das classes de duração (menor ou igual a 3 horas, entre 4 e 6 horas e maior ou igual a 7 horas) dos eventos de chuva ocorridos entre 1998 e 2013 em Porto Velho – RO.



A distribuição sazonal média das classes das durações dos eventos de precipitação é mostrada na figura 16. Nota-se uma predominância de eventos de chuva em todas as classes de duração no período do Verão, que é a estação chuvosa na área de estudo, em comparação com as demais estações do ano. Em contrapartida, no Inverno, por ser a estação seca, estão as menores ocorrências de eventos, tanto que as classes com eventos de duração entre 4 e 6 horas e os eventos igual ou maiores que 7 horas apresentam média menor do que 1 evento por ano dentro desta estação, o que representa uma raridade destes eventos neste trimestre em questão. Entre as estações de transição, o Outono apresenta médias maiores do que a Primavera em todas as classes.

**Figura 16.** Média sazonal da quantidade de eventos de precipitação com duração menor ou igual a 3 horas, com duração entre 4 e 6 horas e com duração maior ou igual a 7 horas registrados entre 1998 e 2013 na cidade de Porto Velho – RO.



### **3.2. ANÁLISE HORÁRIA DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS**

Neste tópico estão os resultados das análises feitas sobre as precipitações intensas, as que possuem volume registrado horário superior a 10 mm. As análises anuais e sazonais da variabilidade horária das precipitações intensas foram estudadas para os seguintes parâmetros: média da quantidade de eventos, frequência relativa horária e duração dos eventos em classes distintas.

#### **3.2.1. Média Sazonal dos Eventos de Precipitação Intensa**

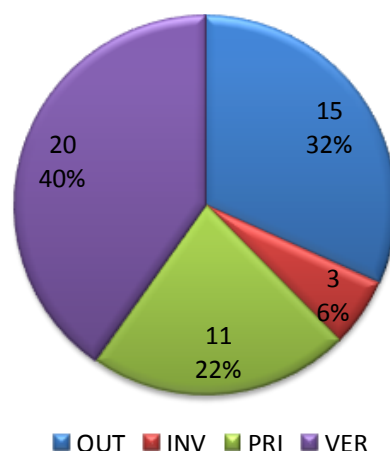
Fazendo a análise dos eventos de precipitação com volume horário maior do que 10 mm foram possíveis identificar, entre 1998 e 2013, 778 eventos, uma média de 49 eventos intensos por ano. Calculando a razão entre a quantidade total anual de eventos observados e a quantidade total anual de eventos intensos, conclui-se que, ao longo do ano, a cada 7 eventos de precipitação há 1 evento intenso.

A figura 17 mostra a distribuição sazonal média dos eventos intensos em Porto Velho. No gráfico podemos observar que a maioria destes eventos ocorre durante o Verão (20 eventos em média), seguido da estação do Outono (15 eventos), da Primavera (11 eventos) e por último durante o Inverno (3 eventos em média).

Calculando a razão entre o total sazonal de eventos observados com o total sazonal de eventos intensos observados verificou-se que tanto o Verão, quanto o Outono como a Primavera possuem uma estatística de 1 evento intenso para cada 7 eventos normais, igual a média anual. Apenas o Inverno apresentou resultado diferente das demais estações. Neste período ocorre 1 evento intenso a cada 9 eventos normais, indicando uma raridade desses eventos, algo esperado por se tratar da estação seca em Porto Velho.



**Figura 17.** Média sazonal da quantidade de eventos de precipitação intensa registrados entre 1998 e 2013 na cidade de Porto Velho – RO.



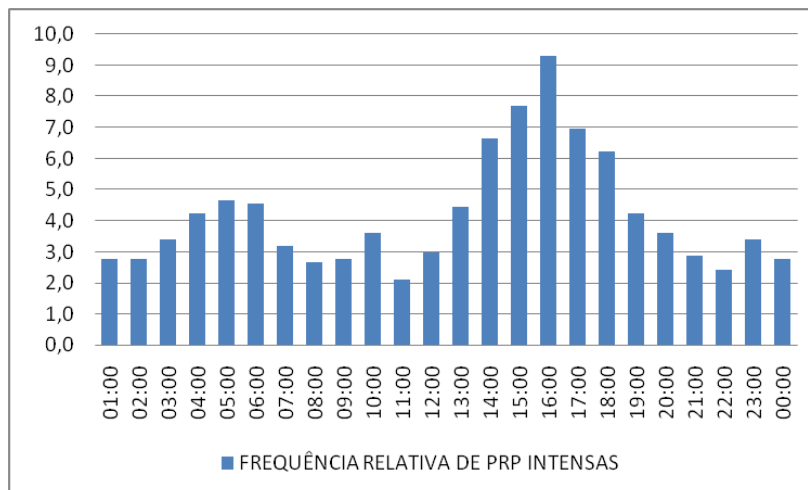
### 3.2.2. Frequência Relativa Anual e Sazonal

Entre Janeiro de 1998 e Dezembro de 2013 ocorreram 947 horas (0,7% do total de horas de todo o período estudado) em que se observou um volume de chuva superior ou igual a 10 mm. Fazendo a razão entre o número anual total de horas em que se observou precipitação com o número anual total de horas em que houve precipitações intensas, conclui-se que, por ano, ocorre 1 hora de chuva intensa após 11 horas de registro de chuvas acima de 0,2 mm.

A frequência relativa horária das precipitações intensas está disposta na figura 18. Observa-se que o período da tarde, mais precisamente entre as 14:00 horas e as 18:00 horas, é onde se concentra a maior parte dos eventos intensos ao longo do dia na média anual (36,9% ao todo) com o pico máximo de 9,3% de frequência relativa as 16:00 horas. Um segundo pico de frequência de eventos intensos é observado durante a madrugada, entre as 04:00 horas e as 06:00 horas. Neste período concentra-se 13,4% dos eventos horários, com máximo as 05:00 horas (4,6%). Nota-se também que o segundo máximo de frequências horárias corresponde a aproximadamente a metade do pico máximo de frequências mostrado na figura 18, o que demonstra uma grande concentração destes eventos no período da tarde em comparação aos demais períodos do dia. Em contrapartida, temos que as menores frequências relativas horárias destes eventos intensos ao longo do ano encontram-se no meio da noite (22:00

horas), no começo da madrugada (01:00 e 02:00 horas) e em algumas horas da manhã (08:00, 09:00 e 11:00 horas, que é a menor frequência horária anual com 2,1%).

**Figura 18.** Frequência relativa horária anual da precipitação intensa entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



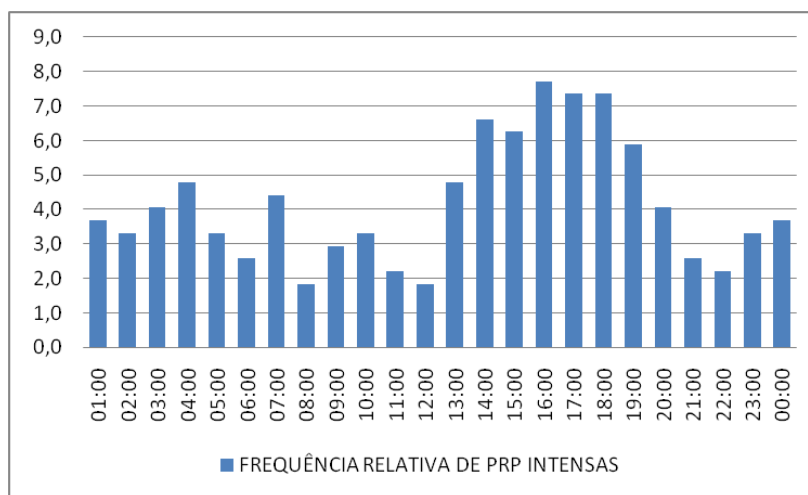
Analisando agora sazonalmente, a figura 19 mostra a frequência relativa horária das precipitações intensas durante o Outono. Fazendo a razão entre o número de horas em que houve precipitação nesta estação com o número de horas com volumes acima de 10 mm, chega-se a conclusão de que ocorre 1 hora de evento intenso a cada 11 horas com precipitação acima de 0,2 mm.

O comportamento horário das frequências nesta estação apresenta um padrão bem semelhante ao encontrado na frequência anual, com as maiores frequências concentrando-se no período da tarde e também no começo da noite (entre 14:00 horas e 19:00 horas) chegando a um valor total de 41,2% na somatória das horas de máximas frequências. Já os horários mais raros em termos de ocorrência destes eventos são no começo e no fim da manhã (08:00 e 12:00 horas) e no meio da noite (entre 21:00 e 22:00 horas).

Quando comparamos as máximas frequências horárias da estação de todas as precipitações com as chuvas acima de 10 mm também se observa um retardamento dos eventos. A máxima frequência horária de todos os volumes de chuva nesta estação é as 15:00 horas e a máxima frequência horária dos eventos acima de 10 mm é as 16:00 horas. Observa-se também um aumento no valor máximo das frequências de 5,7% para 7,7%. Outra observação a ser feita é quanto a concentração de frequências por período do dia. Na variação

horária de todos os eventos de chuva observou-se que as frequências relativas concentram-se no período da tarde e também na madrugada, com valores bem semelhantes entre eles, mas com ligeira vantagem para a tarde. Já nos eventos maiores que 10 mm a concentração é apenas no período da tarde e nas primeiras horas da noite, com pouco destaque para os demais períodos do dia.

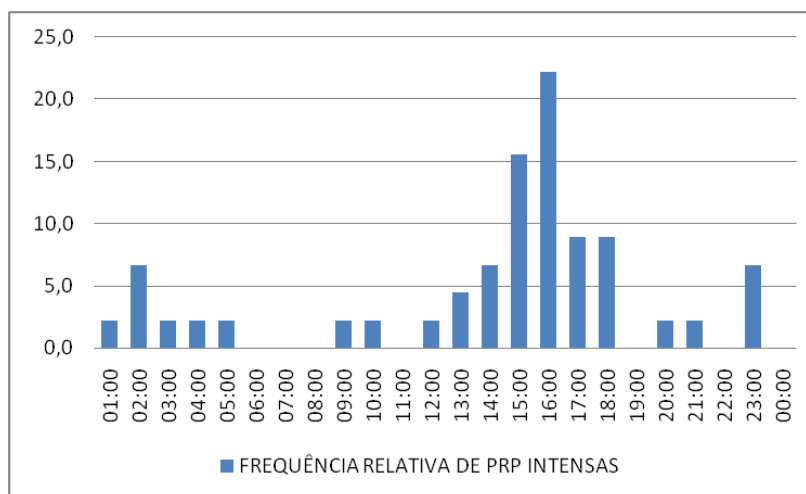
**Figura 19.** Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



A figura 20 mostra a frequência relativa horária das precipitações maiores que 10 mm no Inverno. Fazendo a razão entre o número de horas em que houve precipitação nesta estação com o número de horas com volumes acima de 10 mm, chega-se à conclusão de que ocorre 1 hora de evento intenso a cada 13 horas com precipitação acima de 0,2 mm.

Por ser a estação seca, este período foi o único em que não ocorreram eventos de precipitações intensas em todas as horas. Observa-se no gráfico que o período entre as 06:00 e as 08:00 horas, as 11:00 horas, as 19:00 horas, as 22:00 horas e a 00:00 hora são os horários do dia em que não houve nenhum evento de chuva intensa durante o Inverno nos 16 anos estudados. Já o período entre as 15:00 horas e as 18:00 horas concentra mais da metade (55,6%) dos eventos de precipitação intensa, com máxima frequência as 16:00 horas (22,2%).

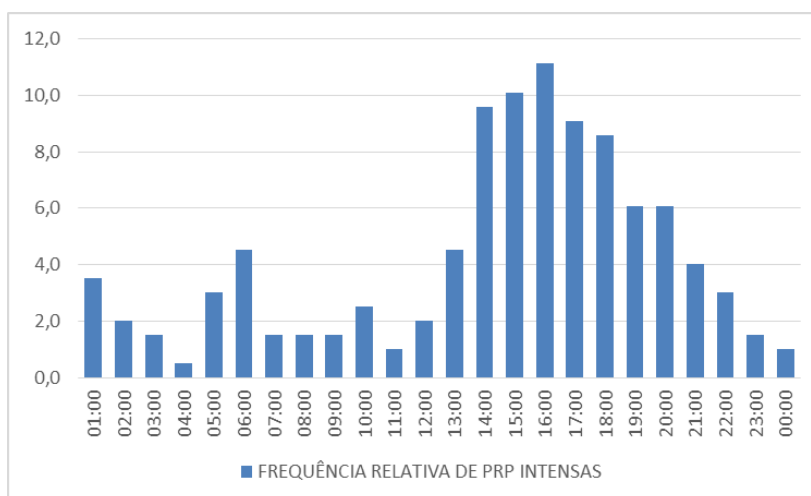
**Figura 20.** Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



A figura 21 mostra a frequência horária das precipitações acima de 10 mm durante a Primavera. Na razão feita entre o número de horas em que houve precipitação nesta estação com o número de horas de eventos intensos, obteve-se um resultado de 1 hora de evento intenso para cada 12 horas com precipitação acima de 0,2 mm.

Na figura 21 observa-se uma grande concentração de frequências no período da tarde e no começo da noite, especialmente entre as 14:00 horas e as 18:00 horas. Neste período concentram 48,5% de todos os eventos de chuva intensa, em comparação com as demais horas do dia nesta estação, com um máximo de frequências as 16:00 horas com 11,1%. Hanaoka (2004) ao estudar a frequência horária das chuvas intensas em Porto Velho entre Setembro e Outubro de 2002 também observou que as maiores frequências nesta época do ano concentravam-se no período da tarde, indicando total influência das chuvas convectivas. Os períodos do dia mais raros de ocorrer chuvas intensas na Primavera são no final da noite, no meio da madrugada e no período da manhã.

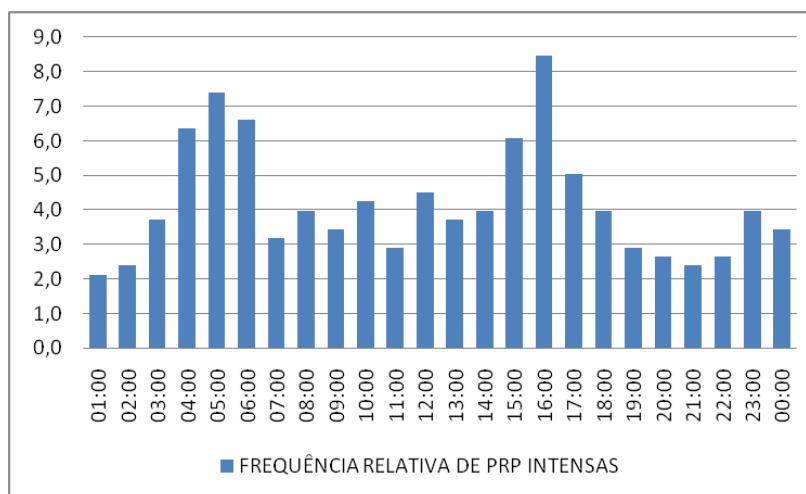
**Figura 21.** Frequência relativa horária da precipitação intensa durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



A figura 22 mostra a frequência horária dos eventos intensos de precipitação durante o Verão. Nesta época, na razão feita entre a quantidade total de horas com precipitação acima de 0,2 mm e a quantidade total de horas com precipitação acima de 10 mm, obtêm-se uma média de proporção de 1 hora de chuva intensa para cada 12 horas com precipitações brandas. Esta razão é bem superior ao encontrado por Ferreira da Costa et al. (1998) na mesma época do ano para o centro de Rondônia, onde o autor definiu que há 1 hora de chuva forte para cada 28 horas de chuvas leves em área de floresta e 38 horas em áreas de pastagem. Esta diferença se dá, em parte, pelo aquecimento diferenciado provocado pela urbanização da cidade de Porto Velho (ilhas de calor) em comparação com as áreas de pasto e de floresta no centro de Rondônia, uma vez que ambientes urbanos tendem a aumentar a instabilidade dos sistemas atmosféricos e propiciar um acréscimo nos eventos de precipitação (TAVARES & SILVA, 2008).

Observa-se na figura 22 que há dois períodos do dia com máximas frequências horárias de precipitação intensa. O primeiro é durante a madrugada, entre 04:00 e 06:00 horas, que ao todo somam 20,6% das frequências horárias totais, com pico máximo as 05:00 horas (7,4%). O segundo período ocorre durante a tarde, entre as 15:00 e as 17:00 horas, que ao todo somam 19,6% do total de frequências horárias, com pico máximo as 16:00 horas (8,5%), a maior frequência entre as demais horas do dia.

**Figura 22.** Frequência relativa horária da precipitação intensa durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO.

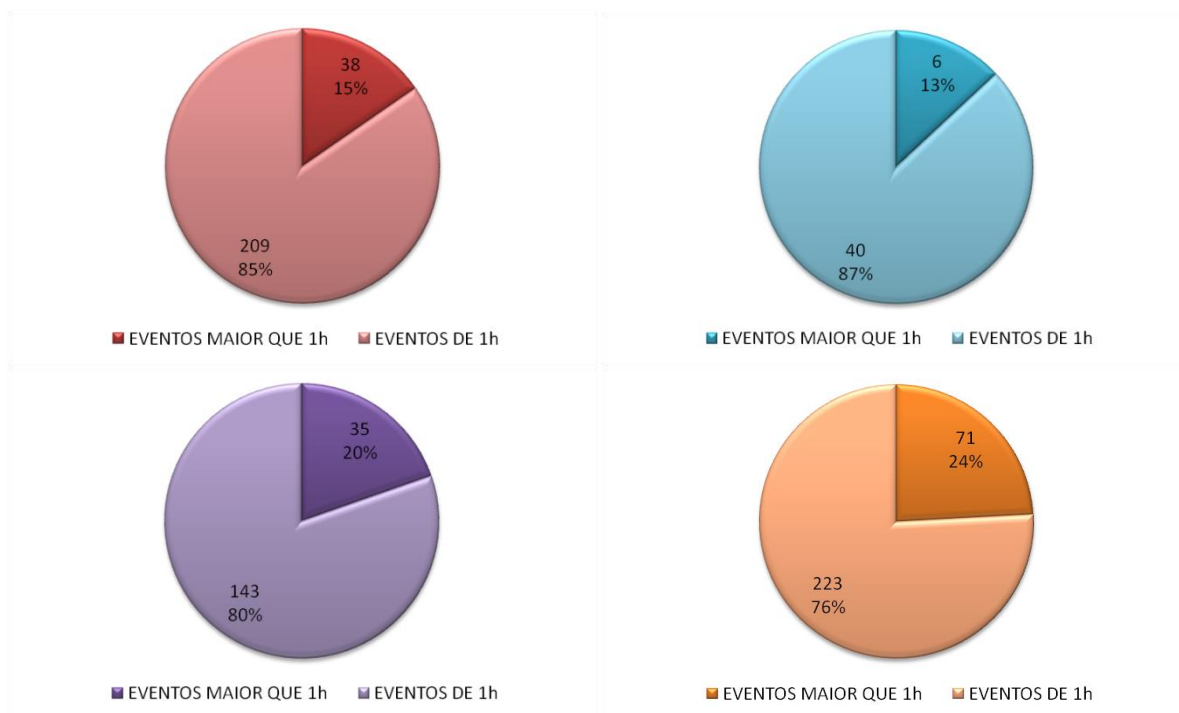


### 3.2.3. Duração Anual e Sazonal

Ao separar todos os eventos horários de precipitação intensa que tiveram duração de até uma hora dos eventos que tiveram duração maior ou igual a duas horas consecutivas de chuva acima de 10 mm ocorridas entre 1998 e 2013 em Porto Velho, observou-se que dos 778 eventos registrados dentro do período estudado, 625 tiveram apenas 1 hora de duração, o que representa 80% do total e uma média de 39 eventos com uma hora de duração por ano. Já os eventos com duas ou mais horas tiveram 153 registros, apenas 20% do total observado e com uma média de 9,5 eventos com duas ou mais horas de duração por ano.

Analisando agora de forma sazonal, observa-se que em quase todas as estações do ano seguem o mesmo padrão apresentado na análise anual, com a predominância de eventos acima de 10 mm de até 1 hora de duração com mais de 80% dos casos. Apenas no Verão o valor percentual dos eventos de até 1 hora de duração foi abaixo de 80%. Isto ocorre devido o Verão ser a estação chuvosa em Porto Velho e a presença de sistemas convectivos intensos, como LI's e ZCAS, serem frequentes nesta época do ano. A figura 23 mostra a distribuição sazonal da duração destes eventos.

**Figura 23.** Distribuição dos eventos horários de precipitação maior do que 10 mm com duração de até 1 hora e de 2 horas ou mais para o Outono (vermelho), Inverno (azul), Primavera (lilás) e Verão (laranja) entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO.



### 3.3. TENDÊNCIA DA SÉRIE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO

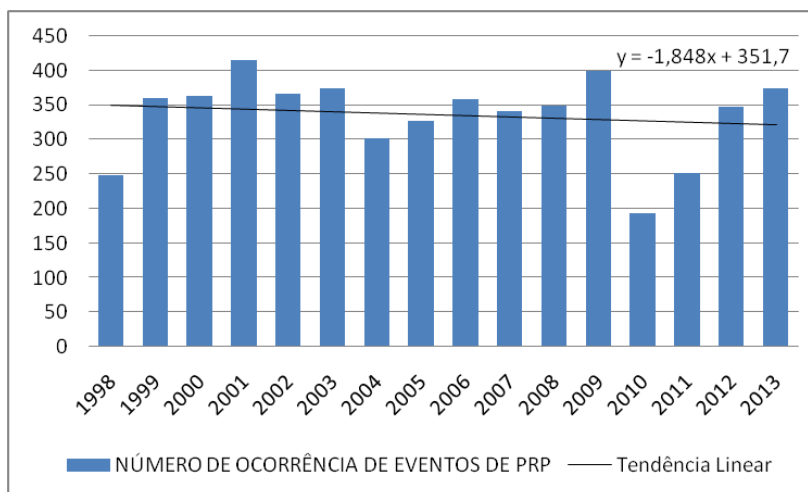
Neste tópico serão abordadas as análises das tendências lineares, anuais e sazonais, de toda a série temporal utilizada neste trabalho dos eventos de precipitação horária com volume maior do que 0,2 mm e também das precipitações intensas, aquelas com volume horário maior ou igual a 10 mm, com o objetivo de identificar se a variabilidade anual encontrada representa uma tendência negativa ou positiva dentro do período estudado. A análise das tendências lineares foi feita apenas na quantidade total de eventos, tanto das precipitações brandas como das intensas.

### 3.3.1. Eventos Totais Anuais e Sazonais das Precipitações com Volume Horário Maior que 0,2 mm

A distribuição anual de todo o período estudado e a tendência linear da quantidade de eventos precipitantes está disposta na figura 24. Observa-se que o ano de 2001 foi onde ocorreu a maioria dos eventos precipitantes, com um total de 416 eventos observados ao longo do referido ano. Já o ano de 2010 foi onde ocorreu a menor quantidade de eventos de precipitação com volume horário maior que 0,2 mm, com valor total de 194 eventos neste ano. Nota-se também que, além de 2010, os anos de 1998 e 2011 apresentaram valores bem abaixo da média anual de eventos de precipitação deste período estudado, que é de 336 eventos por ano. Os demais anos estudados apresentaram valores próximos a média.

Analisando a tendência linear da quantidade de eventos de precipitação, percebe-se que entre 1998 e 2013 houve um ligeiro decréscimo, da ordem de, aproximadamente, 2 eventos a menos por ano, de acordo com a equação da regressão linear mostrada na figura 24.

**Figura 24.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.

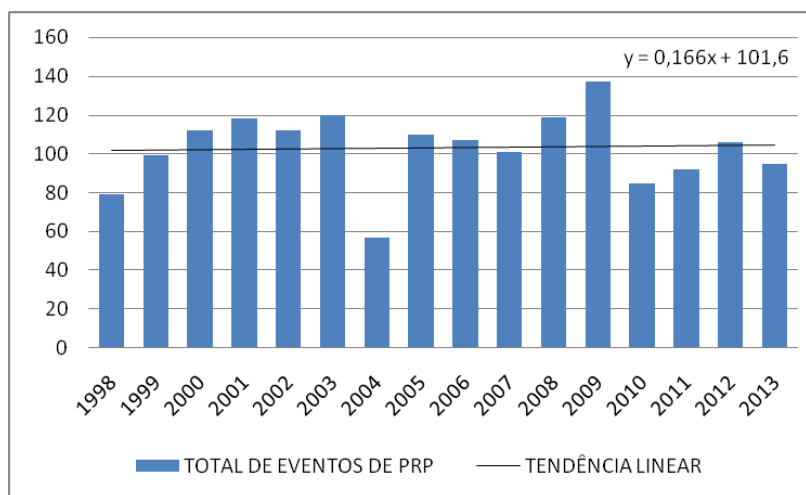


Fazendo agora a análise sazonal, a distribuição anual dos eventos de precipitação acima de 0,2 mm horários durante o Outono está disposta na figura 25. Em média ocorrem 103 eventos por ano ao longo deste trimestre. O ano que apresentou a maior quantidade de eventos de chuva nesta estação foi em 2009 com 137 eventos registrados. Já o ano de 2004 foi onde ocorreu o menor número de eventos de precipitação com 57 eventos apenas. Anos como 1998 e 2010 também tiveram número de eventos relativamente baixos em comparação com os



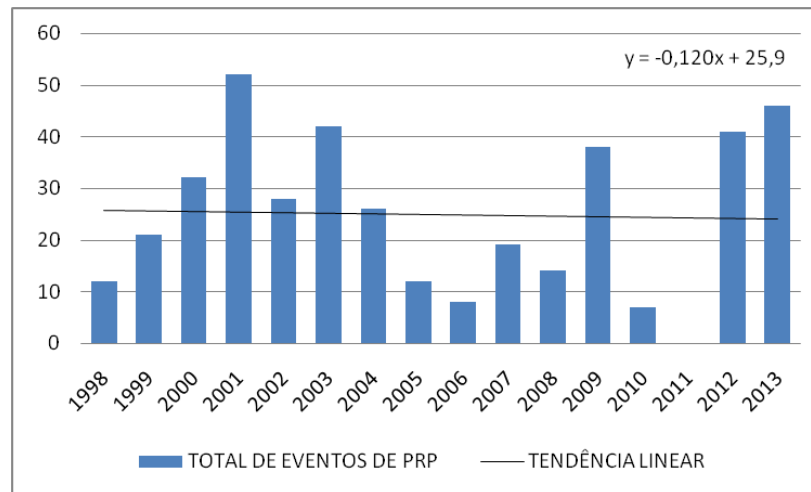
demais anos estudados que ficaram com número variando entre 100 e 120 eventos. Analisando a tendência linear, observa-se pela equação da reta que, de acordo com a distribuição dos eventos ao longo dos 16 anos estudados, a mesma adota uma tendência positiva na quantidade de eventos da estação. Porém, a tendência é muito suave, indicando aumento de apenas 1 evento no Outono a cada 6 anos.

**Figura 25.** Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



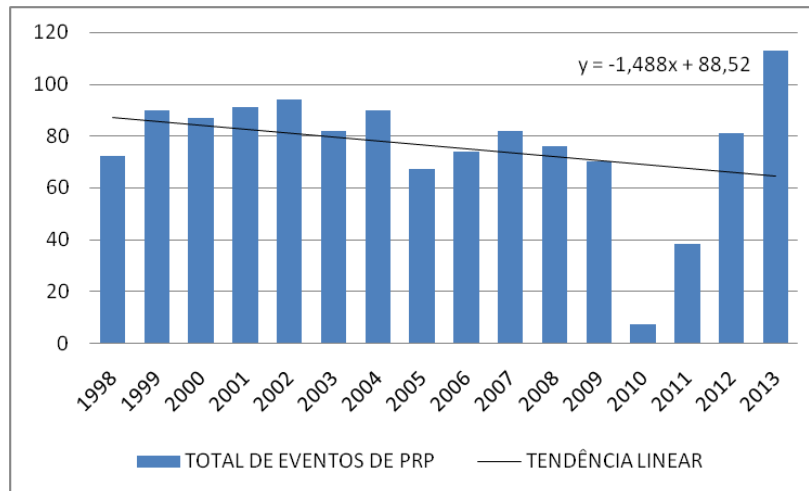
Na figura 26 está a distribuição de eventos de precipitação ocorridos durante o Inverno em cada ano do período estudado em Porto Velho. A média para este trimestre é de 25 eventos de precipitação com valor horário acima de 0,2 mm por ano. Observa-se que o ano de 2001 foi o que teve a maior quantidade de eventos de chuva durante este trimestre, com o total de 52 eventos. Destaque também para os anos de 2003, 2009, 2012 e 2013, onde o número total de eventos neste trimestre foi muito superior a média, com valores totais próximos ou superiores a 40 eventos. Já o ano de 2011 foi o mais seco, sem nenhuma observação de eventos precipitantes. Os anos de 1998, 2005 e 2006 também tiveram poucos eventos de precipitação (com total próximo a 10 eventos), se comparado com a média. Na análise da tendência linear da série temporal, a equação da reta apresenta um declínio na quantidade de eventos durante esta estação ao longo dos últimos 16 anos, porém o declínio é muito suave, com uma perda de 1 evento de precipitação a cada 8 anos em média.

**Figura 26.** Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



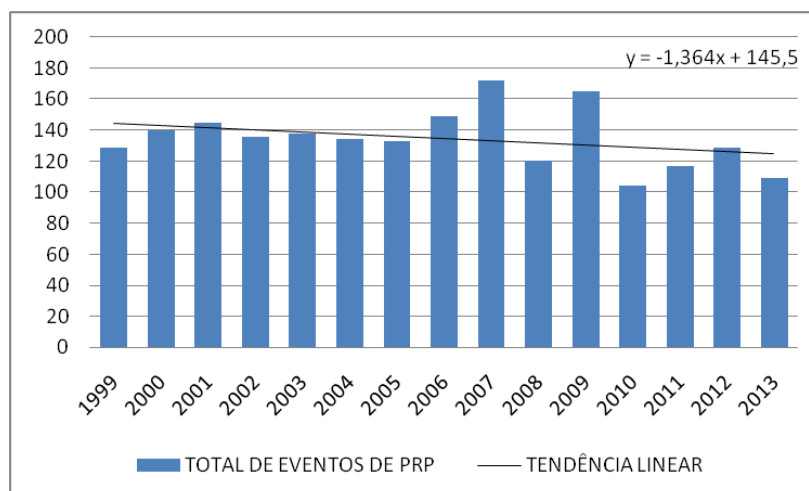
Na figura 27 está a distribuição anual do total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante a Primavera em Porto Velho. A média para este período é de 76 eventos por ano neste trimestre. Nota-se que o ano de 2013 foi o ano em que ocorreu a maioria dos eventos se comparado com os demais anos estudados. O número total observado foi de 113 eventos. Já o ano de 2010 foi o mais escasso de eventos precipitantes, ocorrendo apenas 7 eventos de chuva em todo o trimestre. Excetuando os extremos do gráfico, os demais anos apresentaram pouca variação de eventos precipitantes entre eles, com valores oscilando entre 70 e 90 eventos por ano, com exceção do ano de 2011, onde ocorreram 38 eventos. Na tendência linear dos eventos ao longo dos anos, observa-se uma tendência negativa considerável. De acordo com a equação da reta, há perda de 3 eventos de chuva com volume horário acima de 0,2 mm a cada 2 anos em média durante este trimestre.

**Figura 27.** Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



A figura 28 mostra o gráfico dos totais de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante a estação do Verão em Porto Velho. A média do período estudado para este trimestre é de 135 eventos de precipitação por ano. No gráfico verifica-se que o ano de 2007 foi o ano que apresentou o maior número de eventos precipitantes, com um total de 172 eventos, seguido do ano de 2009, com 165 eventos. Já o ano de 2010 foi o que se observou a menor quantidade de eventos precipitantes, com um total de 104 eventos, seguido pelo ano de 2013 (109 eventos) e de 2011 (117 eventos). Os demais anos apresentaram totais variando entre 120 e 140 eventos precipitantes.

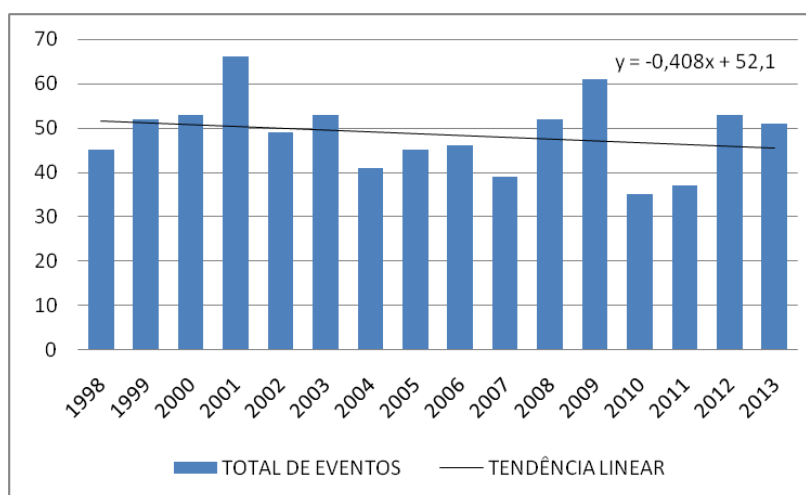
**Figura 28.** Quantidade total de eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



### 3.3.2. Eventos Totais Anuais e Sazonais das Precipitações com Volume Horário Maior ou Iguala 10 mm

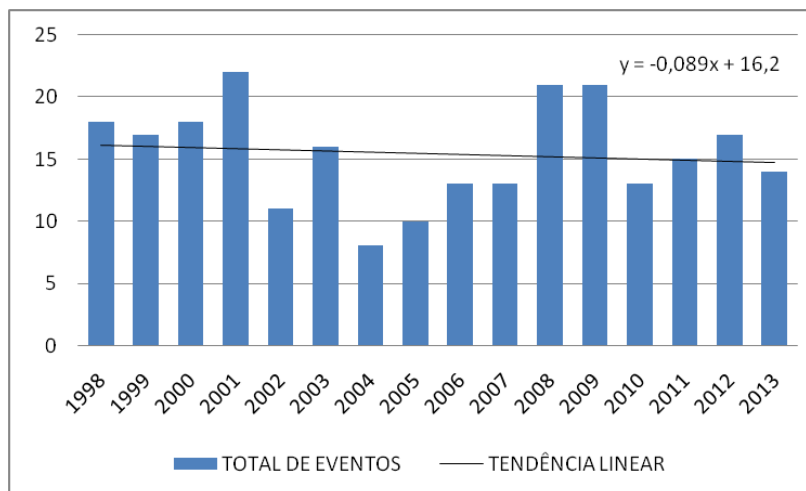
A distribuição dos totais anuais dos eventos de precipitação intensa está disposta na figura 29. A média do número de eventos que ocorrem por ano é de 49 eventos. Nota-se que o ano de 2001 foi onde ocorreu a maior quantidade de eventos intensos em Porto Velho, com um total de 66 eventos, seguido do ano de 2009 com 61 eventos. Já o ano de 2010 foi o que teve a menor quantidade de eventos, 35 no total, seguido do ano de 2011 com 37 eventos ao todo. A tendência linear dos dados dispostos apresenta-se negativa, com a equação de reta indicando uma redução de aproximadamente 1 evento intenso a cada 3 anos em média.

**Figura 29.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



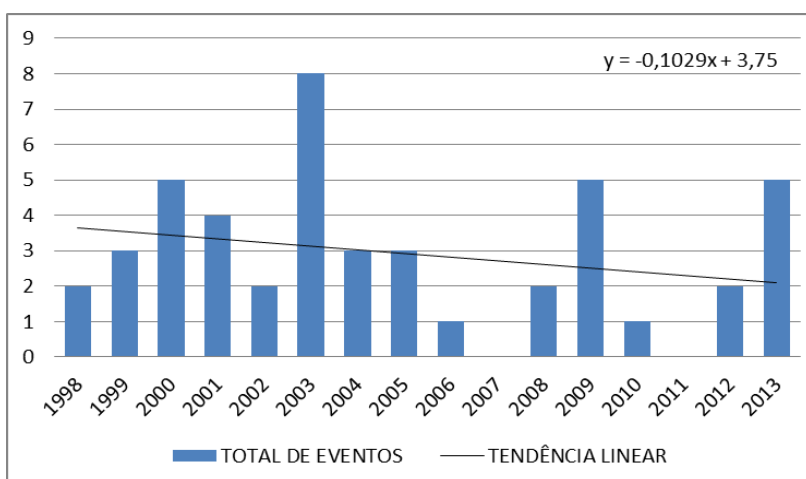
A análise sazonal do total de eventos com precipitação horária superior a 10 mm inicia-se pelo período do Outono, disposto na figura 30. Nesta estação, a quantidade média de eventos como este é de 15 por ano. No gráfico observa-se que o ano de 2001 foi onde ocorreu o maior total de eventos intensos dentro do período estudado, 22 no total. Os anos de 2008 e 2009 também tiveram muitos eventos intensos, com um total de 21 cada. Já o ano de 2004 foi o ano em que ocorreu a menor quantidade de eventos intensos nesta estação, com 8 eventos apenas, seguido dos anos de 2005 com 10 eventos e do ano de 2002 com 11 eventos intensos. Na análise da tendência linear, observa-se uma ligeira tendência negativa. De acordo com a equação da reta, a tendência média neste trimestre é de 1 evento intenso a menos a cada 11 anos.

**Figura 30.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Outono entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



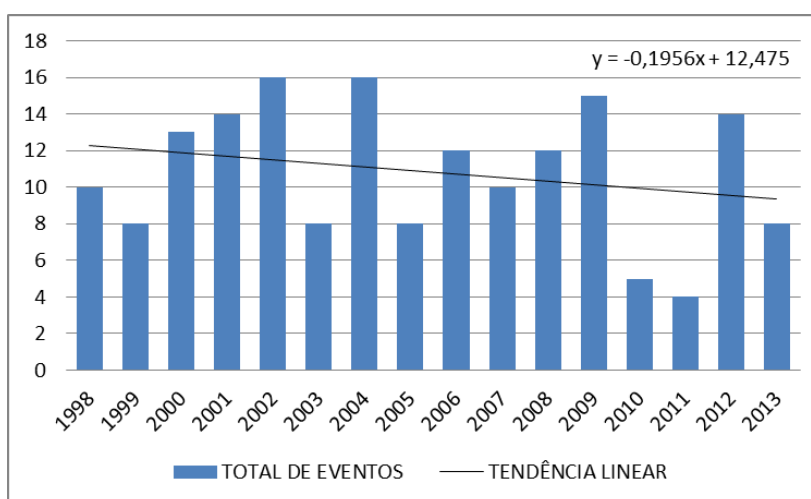
Na figura 31 está a distribuição anual do total de eventos com precipitação igual ou superior a 10 mm durante o Inverno em Porto Velho. A média desta estação é de apenas 3 eventos por ano, devido ser a estação seca na capital de Rondônia. No gráfico nota-se que o ano de 2003 houve uma grande disparidade no número de eventos intensos em comparação com os demais anos, com um total de 8 eventos. Já nos anos de 2007 e 2011 não foram observados eventos com precipitação horária acima de 10 mm. Na análise da tendência linear, observa-se que também há uma tendência negativa na quantidade de eventos intensos durante a estação, com uma média de 1 evento a menos a cada 10 anos, de acordo com a equação da reta plotada no gráfico.

**Figura 31.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Inverno entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



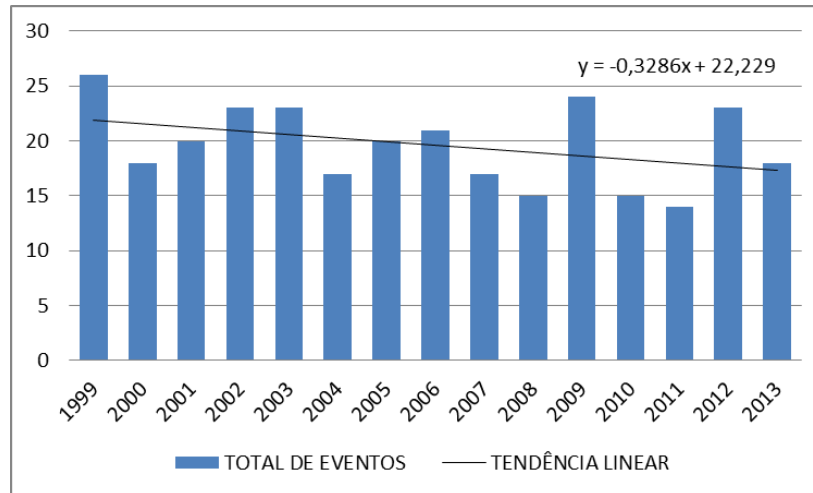
A figura 32 mostra a distribuição anual da quantidade de eventos intensos durante a Primavera em Porto Velho. A média de eventos para este trimestre é de 11 eventos intensos por ano. No gráfico nota-se que os anos de 2002 e 2000 registraram a maior quantidade de eventos intensos dentro do período estudado, com 16 eventos cada, seguido do ano de 2009, com 15 eventos. Já o ano de 2011 foi o que teve a menor quantidade de eventos intensos entre 1998 e 2013, com um total de 4 eventos, seguido pelo ano de 2010 com apenas 5 eventos. A tendência linear do total de eventos intensos mostra um decréscimo no total médio de eventos ao longo do período estudado. A equação da reta define uma perda média de 1 evento intenso a cada 5 anos.

**Figura 32.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante a Primavera entre 1998 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



Na figura 33 está a distribuição do total de eventos com precipitação igual ou superior a 10 mm durante o Verão em Porto Velho. A média de eventos intensos para este trimestre é de 20. No gráfico observa-se que o ano de 1999 foi o que mais teve eventos de chuva com volume horário superior a 10 mm. No total foram observados 26 eventos. Em seguida temos o ano de 2009, onde ocorreram 24 eventos no total. Com relação aos menores totais anuais, o ano de 2011 foi o que menos se observou eventos intensos, com um total de 14 eventos, seguido do ano de 2010 e de 2008 com 15 eventos cada. Os demais anos tiveram totais próximos da média. A tendência linear dos totais de eventos ao longo do período estudado mostra uma tendência negativa na média dos valores. A equação da reta mostra que, em média, tem-se 1 evento intenso a menos a cada 3 anos.

**Figura 33.** Quantidade total anual de eventos com precipitação horária maior que 10 mm durante o Verão entre 1999 e 2013 em Porto Velho-RO e sua tendência linear com a equação de regressão linear.



## CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar os dados de precipitação horária registrados entre Janeiro de 1998 e Dezembro de 2013 na cidade de Porto Velho – RO, com o intuito de identificar o padrão da variabilidade horária da precipitação ao longo do dia, tanto dos volumes horários acima de 0,2 mm quanto dos volumes horários acima de 10 mm, de forma anual e trimestral (separado por estações do ano), usando dados horários de duas estações meteorológicas próximas. Além disso, pode-se também identificar o padrão anual e sazonal da quantidade total e média dos eventos de precipitação observados, assim como o volume médio horário e também sua duração média, tanto para precipitações brandas como para as intensas. Com a disposição anual dos dados obtidos, foi possível também realizar uma análise de tendência linear no conjunto total dos eventos observados, a fim de identificar se houve alguma tendência, negativa ou positiva, no total dos eventos anuais e sazonais com precipitações horárias fracas e intensas.

Analisando os resultados da quantidade média de eventos de precipitação anual e sazonal, conclui-se que a média anual de eventos precipitantes é de 339 eventos e dos eventos com precipitação horária superior a 10 mm é de 49 por ano. Com relação aos resultados sazonais, os resultados foram iguais tanto para os eventos com precipitação horária superior a 0,2 mm como para as precipitações horárias superiores a 10 mm. O Verão concentra a grande maioria dos eventos de precipitação em relação às demais estações do ano, por ser o período chuvoso em Porto Velho, enquanto que no Inverno a quantidade de eventos é a menor de todas, por ser o período seco na região.

Com relação à distribuição da frequência relativa anual da precipitação horária com volumes acima de 0,2 mm, os resultados encontrados se assemelham com os obtidos por Nechet & Barros (1998), isto é, percebe-se nitidamente que a cidade de Porto Velho apresenta um ciclo de chuva diário do tipo “modelo misto”, segundo os modelos de ciclo diário de precipitação classificados por Hann (1901) apud Asnani (1993). Em outras palavras, existe uma predominância dos eventos de chuva ocorrerem com maior frequência no período da tarde, mais precisamente as 15:00 horas (modelo continental) e também entre o fim da madrugada e as primeiras horas da manhã, com pico máximo neste período as 05:00 horas (modelo marítimo).

Na análise da distribuição de frequência relativa anual das precipitações intensas, observou-se que a maioria destes eventos (pouco mais de 1/3 do total horário) ocorre no



período da tarde, assim como os eventos com precipitações brandas, porém com uma pequena defasagem no pico máximo. Quando comparamos os resultados das frequências horárias anual das precipitações brandas e intensas em Porto Velho, as precipitações maiores que 10 mm sofrem um ligeiro retardamento, passando das 15:00 horas para as 16:00 horas, além da intensificação na frequência relativa horária (de 5,5% para 9,3%). Este resultado foi muito semelhante ao encontrado por Ferreira da Costa et al. (1998) ao analisar a frequência horária da precipitação no centro de Rondônia. O mesmo autor supõe que este retardamento se dá ao fato de que a energia envolvida no processo de formação das nuvens faz com que alguma delas atinja a maturidade logo no começo da tarde, porém, provocando apenas chuvas leves e mesmo após liberar parte da energia nestas chuvas a convecção continua, fazendo com que as nuvens de maior porte e que provocam volumes elevados de precipitação alcancem a maturidade somente do meio para o fim da tarde.

Analisando de forma sazonal a frequência relativa das precipitações horárias com volume superior a 0,2 mm, durante o Outono, o Inverno e a Primavera do período estudado a precipitação ocorre preferencialmente no período da tarde, principalmente entre as 15:00 e as 16:00 horas. Nota-se um ligeiro deslocamento temporal da frequência relativa da chuva nestes períodos, onde no Outono a chuva cai com mais frequência no começo da tarde, no Inverno ela ocorre entre o meio e o final da tarde e na Primavera ela ocorre preferencialmente entre o final da tarde e o começo da noite. Já no Verão as maiores frequências de precipitação ocorrem entre a madrugada e a manhã, com um segundo máximo no período da tarde.

Já na frequência relativa sazonal das precipitações horárias intensas, observou-se que em todas as estações do ano as máximas frequências relativas ocorreram as 16:00 horas. Apenas no Verão observou-se um segundo pico significativo de frequências relativas de eventos intensos, que foi durante a madrugada (05:00 horas), enquanto que nas demais estações do ano a maior concentração das frequências relativas se dava durante a tarde. Na comparação dos eventos com precipitação horária maior que 0,2 mm com os eventos com precipitação horária maior que 10 mm nas estações do ano observou-se o mesmo padrão encontrado na comparação anual. O deslocamento das máximas frequências relativas das 15:00 horas para as 16:00 horas e um incremento no valor percentual (de 5,7% para 7,7% no Outono, de 9,9% para 22,2% no Inverno, de 6,9% para 11,1% na Primavera e de 5,8% para 8,5% no Verão). Os resultados encontrados, tanto para os eventos com precipitação horárias brandas como para as precipitações horárias intensas para as estações da Primavera e do Verão foram muito semelhantes aos encontrados para os estudos feitos na região central de

Rondônia (FERREIRA DA COSTA et al., 1998; TOTA et al., 2000; HANAOKA, 2004; SANTOS E SILVA, 2010)

Com relação a média do volume da precipitação horária, o resultado anual apresentou que as chuvas mais intensas ocorrem, em média, durante a tarde, com máximos secundários ocorrendo durante a noite e madrugada. Analisando de forma sazonal, o Outono, o Inverno e o Verão apresentaram os maiores volumes médios horários caindo preferencialmente no período da tarde. Apenas na Primavera é que os maiores volumes médios horários ocorrem durante a noite. Isto ocorre pelo fato do trimestre em questão ser o período em que há maior concentração de focos de calor em Rondônia (SILVA FILHO et al., 2009) e o material particulado suspenso na atmosfera oriundo da queima de biomassa altera a microfísica da nuvem, fazendo com que a mesma demore muito mais a se desenvolver em comparação aos demais períodos do ano quando a atmosfera está mais limpa, a ponto de só provocar chuva no seu estágio máximo de desenvolvimento, quando a nuvem do tipo *Cumulunimbus*, a nuvem de tempestade, se apresenta com muitos raios e ventos fortes (ARTAXO et al., 2006).

Com relação a duração predominante de todos os eventos de chuva com volume horário superior a 0,2 mm observados na região de estudo, na análise anual verificou-se uma grande predominância de chuvas com até 3 horas de duração (86%), o que indica que a maioria dos eventos de chuva que caem ao longo do ano na região são de origem “convectiva”, que são chuvas típicas de regiões tropicais e que provocam grandes acumulados de precipitação em curto período de tempo. Analisando sazonalmente, observa-se que o Verão concentra a grande maioria de todas as classes de duração de chuva definidas neste trabalho, por ser a estação chuvosa. Já no Inverno ocorrem poucos eventos duradouros de precipitação em comparação as demais estações do ano, por ser a estação seca.

Fazendo a mesma análise, porém agora para os eventos com precipitação horária igual ou superior a 10 mm, também se observou que a grande maioria dos eventos intensos anuais (80%) ocorridos entre 1998 e 2013 teve no máximo 1 hora de duração. Na análise sazonal, a maioria dos eventos nas estações do ano também teve 1 hora de duração, sendo que no Verão concentram-se a maior parte destes eventos, assim como também ocorrem com mais frequência eventos intensos com mais de uma hora de duração em comparação com as demais épocas do ano.

Com estes resultados encontrados e explicados acima usando uma base de dados de 16 anos de informações contínuas de precipitação horária, é possível considerar,

provisoriamente, estes resultados como um padrão climático da variabilidade horária da precipitação em Porto Velho, até que seja possível fazer um estudo climatológico definitivo destas variáveis (quantidade de eventos, frequência relativa horária, volume horário médio e duração média) de acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM) que é de 30 anos de dados contínuos (SUGAHARA, 1999).

Com relação às tendências lineares da série temporal da quantidade de eventos com precipitação horária superior a 0,2 mm, observou-se um decréscimo no número total de eventos anuais, na ordem média de aproximadamente 2 eventos a menos por ano. Nas análises sazonais, apenas o Outono apresentou uma elevação no número total de eventos, na ordem média de 1 evento a mais a cada 6 anos. As demais épocas do ano tiveram uma redução, com destaque para a Primavera, que teve a tendência negativa mais acentuada com a perda de 3 eventos precipitantes a cada 2 anos em média. Já na análise das tendências lineares do número de eventos com precipitação horária igual ou superior a 10 mm, observou-se que os eventos intensos anuais também estão em declínio, com uma redução de 1 evento intenso a cada 3 anos em média. Nas análises sazonais também foram observados tendências negativas na quantidade total de eventos nos 4 trimestres estudados, principalmente durante o trimestre chuvoso, onde há perda de um evento intenso a cada 3 anos em média.

A análise das tendências lineares negativas dos eventos de precipitação horária, tanto com volumes acima de 0,2 mm como os volumes iguais ou superiores a 10 mm, para este período entre 1998 e 2013 faz surgir duas hipóteses.

A primeira se dá ao aumento na urbanização da cidade de Porto Velho, já que, segundo Lombardo (1985), a expansão da urbanização provoca alterações no clima local como o aumento da temperatura, que como consequência provoca uma redução na pressão atmosférica, condicionando uma circulação local que faz com que haja uma concentração de massa úmida existente no entorno das cidades, alterando assim o padrão das chuvas sobre estas áreas.

A segunda hipótese se deve ao período estudado. Entre estes anos de estudo houve interferências de fenômenos climáticos como o El Nino nos anos de 2002 a 2003 (intensidade moderada), entre 2004 e 2005 (intensidade fraca), entre 2006 e 2007 (intensidade fraca) e entre 2009 e 2010 (intensidade fraca) e também de eventos de La Nina como ocorreu entre os anos de 1998 a 2001 (intensidade moderada) e de 2007 a 2008 (intensidade forte) (CPTEC, 2013).

Segundo Grimm & Zilli (2009), a precipitação no Norte do Brasil é afetada pela alteração na circulação padrão de Walker sobre a região, proporcionada pelas anomalias de TSM no Oceano Pacífico. Nas anomalias positivas (El Niño) o ramo descendente da circulação de Walker é deslocado da região próxima à costa oeste da América do Sul para a Bacia Amazônica, inibindo a convecção em quase todo o Norte do Brasil e, consequentemente, diminuindo as chuvas, enquanto que nas anomalias negativas (La Niña) o ramo convectivo da circulação de Walker já existente sobre a Bacia Amazônica é intensificado, fazendo com que a convecção seja mais intensa na região, proporcionando mais chuvas. Como dentro do período estudado houve eventos longos e intensos de La Niña, que favorece a precipitação na Amazônia, e eventos curtos com intensidade de moderada a fraca de El Niño, que no geral reduz a precipitação na região, provavelmente estes fenômenos podem ter contribuído para que as tendências da série temporal de praticamente todas as análises feitas se apresentassem com tendência linear negativa, com quantidade elevada de eventos precipitantes na primeira metade do período estudado e uma redução na segunda metade.

No entanto, mesmo os impactos no clima relacionado às anomalias de TSM no Oceano Pacífico descritos sejam consistentes, há significativa variabilidade entre um evento e outro, em razão das diferenças nas anomalias de TSM no Oceano Pacífico de um evento para o outro (GRIMM & ZILLI, 2009), fazendo que as anomalias de precipitação na Região Norte se desloquem ou para o norte, ou para o sul, variando de um evento para o outro e alterando assim o sinal em relação ao evento anterior (GRIMM & FERRAZ, 1998).

Apesar de existirem algumas pesquisas a respeito da influência dos eventos de El Niño e La Niña na precipitação em Rondônia (p. ex. BEZERRA & TRINDADE, 2006; SANTOS NETO & NOBREGA, 2007a, 2007b; TEJAS et al., 2012) não se sabe ao certo o grau de correlação entre estes parâmetros, principalmente na escala sazonal, uma vez que a grande maioria dos trabalhos existentes em Rondônia abordam as influências em escala anual.

Nas análises das tendências da série temporal da quantidade de eventos anual e sazonal com precipitação horária igual ou superior a 0,2 mm e a 10 mm, foi possível identificar que os máximos ou mínimos observados nos gráficos geralmente coincidiam com anos em que havia existência de um evento de El Niño ou de La Niña. Por isso, sugere-se um aprofundamento maior nos estudos a respeito desta possível correlação existente entre os eventos extremos de TSM no Oceano Pacífico com a precipitação em Porto Velho, que

também irá contribuir significativamente para validar as conclusões desta pesquisa a respeito das tendências lineares, principalmente na escala sazonal, já que na escala anual se tem o conhecimento de que não há correlação predominante entre a TSM do Oceano Pacífico e o volume de precipitação anual em Porto Velho, pois tanto casos com desvios negativos como positivos ocorrem em anos de El Niño como de La Niña e também em anos em que há neutralidade nas anomalias de TSM (BEZERRA & TRINDADE, 2006).

Com os resultados alcançados nesta pesquisa, espera-se que os mesmos sejam de grande valia na caracterização e compreensão dos eventos de precipitação que ocorrem na cidade de Porto Velho, assim como também no apoio a tomada de decisão dos gestores municipais a respeito das obras de infraestrutura e saneamento urbano, além da sociedade em geral, no que tange a escolha do melhor momento para realizar qualquer tipo de atividade ao ar livre.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S.F. *Características Climatológicas da Precipitação Pluviométrica Diária de Brasília – DF*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.
- ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P.H.; LARA, L.L.; PAULIQUEVIS, T.M.; RIZZO, L.V.; PIRES JUNIOR, C.; PAIXÃO, M.A.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.; CORREIA, A.L. *Efeitos Climáticos de Partículas de Aerossóis Biogênicos e Emitidos em Queimadas na Amazônia*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n. 3a, p. 168-189, 2006.
- ASNANI, G.C. *Tropical Meteorology*. India: Noble Printers PVT. Ltd. Pune. 2v, 1202p., 1993.
- AYOADE, J.O. *Introdução a Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 332p., 1996.
- BASTOS, W.R.; LACERDA, L.D. *A Contaminação por Mercúrio na Bacia do rio Madeira: Uma Breve Revisão*. Geochimica Brasiliensis, v. 18, n. 2, p. 99-114, 2004.
- BECKER, B.K. *Amazônia*. São Paulo: Ed. Ática. 112p., 1998.
- BEZERRA, R.B.; TRINDADE, A.G. *Caracterização de Parâmetros Pluviométricos, Térmicos do Balanço Hídrico Climatológico e Desmatamento de Porto Velho – RO*. Geografia, Universidade Federal de Londrina, v. 15, n. 1, p. 65-80, jan./jun. 2006.
- BEZERRA, R.B.; DANTAS, R.T.; TRINDADE, A.G. *Caracterização Temporal da Precipitação Pluvial do Município de Porto Velho/RO no Período de 1945 a 2003*. Sociedade & Natureza, Uberlândia-MG, v.22, n.3, p.609-623, 2010.
- CARVALHO, L.M.V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. *The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall*. Journal of Climate, v. 17, n. 1, p. 88-108, 2004.
- CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. *Zona de Convergência do Atlântico Sul*. In: Cavalcanti, I. F. A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. *Frentes Frias sobre o Brasil*. In: Cavalcanti, I. F. A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- COHEN, J.C.P.; GANDU, A.W.; CHIBA, C.Y.B.; BRAGA, R.H.M. *Linhas de Instabilidade Formadas ao Longo da Costa Atlântica e no Interior do Continente: Estudo de Casos com Modelo de Alta Resolução*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza-CE. *Anais...* Fortaleza: SBMET, CD-ROM, 2004.
- COHEN, J.C.P.; CAVALCANTI, I.F.A.; BRAGA, R.H.M.; SANTOS NETO, L.A. *Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul*. In: Cavalcanti, I. F. A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CPTEC. *El Niño e La Niña*. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em 28 de dezembro de 2013.

- CRUCIANI, D.E.; MACHADO, R.E.; SENTELHAS, P.C. *Modelos da Distribuição Temporal de Chuvas Intensas em Piracicaba, SP*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.6, n.1, p.76-82, 2002.
- CUTRIM, E.M.C.; MOLION, L.C.B.; NECHET, D. *Chuvas na Amazônia Durante o Século XX*. In. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, CD-ROM, 2000.
- DIAS, P.G.C.; VENDRAME, I.F.; FISCH, G.; MARENGO, J.A. *Ciclo Diário e Sistemas Produtores de Precipitação em Rondônia*. In. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, CD-ROM, 2000.
- DOLIF, G. 23/07/2013 – *Nevada Histórica no Sul do Brasil*. CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista, jul. 2013. Seção de Análise de Eventos Extremos. Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/124531>. Acesso em 28 de dezembro de 2013.
- FERREIRA DA COSTA, R.; FEITOSA, J.R.P.; FISCH, G.; SOUZA, S.S.; NOBRE, C.A. *Variabilidade Diária da Precipitação em Regiões de Floresta e Pastagem na Amazônia*. Acta Amazonica, v.28(4), p.395-408, 1998.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. *Precipitations Distribution over Central and Western Tropical South America*. Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática, n. 5(6), p. 36-45, 1990.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. *Clima da Amazônia*. Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática, n. Especial 10 anos, p.24-41, 1996.
- FISCH, G.; VENDRAME, I.F.; HANAOKA, P.C.M. *Variabilidade Espacial da Chuva durante o Experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia*. Acta Amazonica, v. 37(4), p. 583-590, 2007.
- GRIMM, A.M.; ZILLI, M.T. *Interannual Variability and Seasonal Evolution of Summer Monsoon Rainfall in South America*. Journal of Climate, v. 22, p. 2257-2275, 2009.
- HANAOKA, P.C.M. *Variabilidade Espacial e Temporal da Chuva Durante os Experimentos LBA/TRMM 1999 e LBA/RACCI 2002 na Amazônia*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo. 58p., 2004.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo Demográfico de 2010*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). 2010.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Brasília-DF, INMET, 465p., 2009.
- KOUSKY, V.E. *Diurnal Rainfall Variation in the Northeast Brazil*. Monthly Weather Review, v. 108, p. 488-498, 1980.
- KRUSCHE, N.; SARAIVA, J.M.B.; REBOITA, M.S. *Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS*. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). 104p. 2002.
- LONGO, M.; SILVA DIAS, M.A.F.; MOREIRA, D.S.; MATSUO, P.T. *Análise das Características Termodinâmicas das Rajadas Associadas a Sistemas Convectivos de Meso-*

*Escala em Rondônia*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, CD-ROM, 2000.

MAHAR, D.J. Development of the Brazilian Amazon: Prospects for the 1980s. In: Moran, E.F. *The Dilemma of Amazonian Development*. Boulder, CO: Westview Press, 1983.

MARENGO, J.A. *Interannual Variability of Deep Convection in the Tropical South America Sector as Deduced from ISCCP C2 data*. International Journal of Climatology, v. 15(9), p. 995-1010, 1995.

MARENGO, J.A.; VALVERDE, M.C. *Caracterização do Clima no Século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil no Século XXI Usando Modelos do IPCC-AR4*. Revista Multiciência, v. 8, p. 5-28, 2007.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Clima da Região Amazônica. In: Cavalcanti, I. F. A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARENGO, J.A. Mudanças Climáticas: Detecção e Cenários Futuros para o Brasil até o Final do Século XXI. In: Cavalcanti, I. F. A. *et al. Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MELLO, M.H.A.; ARRUDA, H.V.; ORTOLANI, A.A. *Probabilidade de Ocorrência de Totais Pluviais Máximos Horários, em Campinas-São Paulo*. Revista do Instituto Geológico, v. 15, n. 1-2, p. 59-67, 1994.

MOLION, L.C.B. *Climatonic Study of the Energy and Moisture Fluxes of Amazon Basin with Consideration of Deforestation Effects*. PhD Thesis. Department of Meteorology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, EUA. 140p.1975.

MOLION, L.C.B.; DALLAROSA, R.L.G. *Pluviometria da Amazônia: São os Dados Confiáveis?* Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v.5(3), p.40-42, 1990.

MOLION, L.C.B. Amazonia Rainfall and its Variability. In: Bonnel, M. *et al. Hydrology and Water Manegement in the Humid Tropics*. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 1993.

MOLION, L.C.B. *Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.2(1), p.107-117, 1987.

NASCIMENTO, C.P. *O Processo de Ocupação e Urbanização de Rondônia: Uma Análise das Transformações Sociais e Espaciais*. Revista da Geografia, Recife-PE, v.27, n.2, p.53-69, 2010.

NASCIMENTO, C.P.; SANTOS, C.; SILVA, M. *Porto Velho: A Produção do Espaço Urbano de Rondônia (1980/2010)*. Revista Geografar, Curitiba-PR, v.7, n.1, p.20-52, 2012.

NECHET, D.; BARROS, E.S. *Variabilidade Diurna de Precipitação e de Trovoadas em Porto Velho, RO*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, Brasília-DF. **Anais...** Brasília, SBMET, CD ROM, 1998.

OLIVEIRA, A.P.; FITZJARRALD, D.R. *The Amazon River Breeze and the Local Boundary Layer: I – Observations*. Boundary Layer Meteorology Journal, v. 63(1-2), p. 141-162, 1993.



PEREIRA FILHO, A.J.; SILVA DIAS, M.A.F.; ALBRECHT, R.I.; PEREIRA, L.G.P.; GANDU, A.W.; MASSAMBANI, O. *Multisensor Analysis of a Squall Line in the Amazon Region*. Journal of Geophysics Research: Atmospheres (1984-2012), v. 107, n. D20, p. LBA 52-1/LBA 52-12, 2002.

RONDONIAOVIVO. *Estudo Aponta Porto Velho como uma das Piores Cidades Brasileiras em Saneamento Básico*. **Jornal Eletrônico Rondoniaovivo.com**, Porto Velho, 18 Ago. 2012. Disponível em <http://www.rondoniaovivo.com.br/noticias/estudo-aponta-porto-velho-como-uma-das-piores-cidades-brasileiras-em-saneamento-basico/91658#.UuqjyNKrrDs>. Acesso em: 19 Dez. 2013.

SALATI, E.; DALL'OLLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J. *Recycling of Water in the Amazon Basin: An Isotopic Study*. Water Resources Res., v. 15, p. 1250-1258, 1979.

SANTOS, C.A. *A Fronteira do Guaporé*. Porto Velho: Edufro, 212p. 2001.

SANTOS, C.A. *A Fronteira do Guaporé*. Porto Velho: Edufro, 202p. 2007.

SANTOS, F.A.A. *Alagamento e Inundação Urbana: Modelo Experimental de Avaliação de Risco*. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 147p. 2010.

SANTOS E SILVA, C.M. *Ciclo Diário de Precipitação como Função de Eventos Intensos no Sudeste da Amazônia*. Revista da Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 7, n. 2, p. 274-283, abr/jun. 2010.

SANTOS NETO, L.A. *Análise Observacional das Linhas de Instabilidade Formadas na Costa Norte-Nordeste da América do Sul*. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 41p. 2004.

SANTOS NETO, L.A.; NÓBREGA, R.S. *Estiagem Agrícola no Município de Machadinho D'Oeste (RO) – Parte I: Relação com o Fenômeno El Niño*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju-SE. **Anais...** Aracaju: SBAGRO, CD-ROM, 2007a.

SANTOS NETO, L.A.; NÓBREGA, R.S. *Estiagem Agrícola no Município de Machadinho D'Oeste (RO) – Parte II: Relação com o Fenômeno La Niña*. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju-SE. **Anais...** Aracaju: SBAGRO, CD-ROM, 2007b.

SANTOS NETO, L.A.; NÓBREGA, R.S. *Friagens em Porto Velho-RO Parte I – Caracterização e Quantificação Climática Utilizando Quantis*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo: SBMET, CD-ROM, 2008a.

SANTOS NETO, L.A.; NÓBREGA, R.S. *Friagens em Porto Velho-RO Parte II – Possíveis Correlações entre os índices do Pacífico e a Variabilidade Anual*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo: SBMET, CD-ROM, 2008b.

SANTOS NETO, L.A.; MORAES, J.C.; NÓBREGA, R.S. *A Ação Antrópica na Região Central de Rondônia e a Resposta Climática*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16, Belém-PA. **Anais...** Belém: SBMET, CD-ROM, 2010.

SANTOS NETO, L.A.; MORAES, J.C. *Identificação e Análise de Ocorrência de Tempo Severo em Porto Velho-RO: Um Estudo de Caso*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16, Belém-PA. **Anais...** Belém: SBMET, CD-ROM, 2010.

- SANTOS NETO, L.A.; MANIESI, V.; CHECCHIA, T.E. *Variabilidade Horária da Precipitação em Porto Velho-RO – Uma Análise Sazonal entre Mar/2011 e Fev/2012*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 17, Gramado-RS. **Anais...** Gramado: SBMET, CD-ROM, 2012.
- SENTELHAS, P.C.; CRUCIANI, D.E.; PEREIRA, A.S.; VILLA NOVA, N.A. *Distribuição Horária de Chuvas Intensas de Curta Duração: Um Subsídio ao Dimensionamento de Projetos de Drenagem Superficial*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 13, n. 1, p. 45-52, 1998.
- SILVA, M.J.G. *Uso e Cobertura do Solo e a Variabilidade do Clima de Porto Velho-RO*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia. 70p., 2010.
- SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. *A Frequência de Fenômenos Meteorológicos na América do Sul: Uma Climatologia*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMET, CD-ROM, 2002.
- SILVA DIAS, M.A.F.; COHEN, J.C.P.; GANDÚ, A.W. *Interações entre Nuvens, Chuvas e a Biosfera na Amazônia*. Acta Amazônica, v.35 (2), p.215-222, 2005.
- SILVA FILHO, E.B.; TELES, L.J.S.; SANTOS NETO, L.A. Ocorrência de Focos de Calor no Estado de Rondônia em 2007. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 21(2), p. 123-140, ago. 2009.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 580p. 1972.
- SUGAHARA, S. *Normais Climatológicas das Estações de Superfície do Brasil, para o Período de 1961-1990*. Instituto de Pesquisas Meteorológicas / UNESP, Campus Bauru, São Paulo – SP. 1999.
- TAVARES, A.C.; SILVA, A.C.F. *Urbanização, Chuvas de Verão e Inundações: Uma Análise Episódica*. CLIMEP – Climatologia e Estudos de Paisagem, Rio Claro-SP, v.3, n.1, p.4-18, 2008.
- TEJAS, G.T.; SOUZA, R.M.S.; FRANCA, R.R.; NUNES, D.D. *Estudo da Variabilidade Climática em Porto Velho/RO – Brasil no Período de 1982 a 2011*. Revista da Geografia, Recife-PE, v. 29, n. 2, 2012.
- TOTA, J.; FISCH, G.; FUENTES, J.; OLIVEIRA, P.J.; GARSTANG, M.; HEITZ, R.; SIGLER, J. *Análise da Variabilidade Diária da Precipitação em Área de Pastagem para a Época Chuvosa de 1999 – Projeto TRMM/LBA*. Acta Amazonica, v. 30(4), p. 29-639, 2000.
- TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 450p., 1997.
- TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L. Storm Hydrology and Urban Drainage. In. *Urban Drainage in Humid Tropics*. IHP. UNESCO. Cap. 4, p.77-108, 2001.
- TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. *Inundações Urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 156p., 2003.